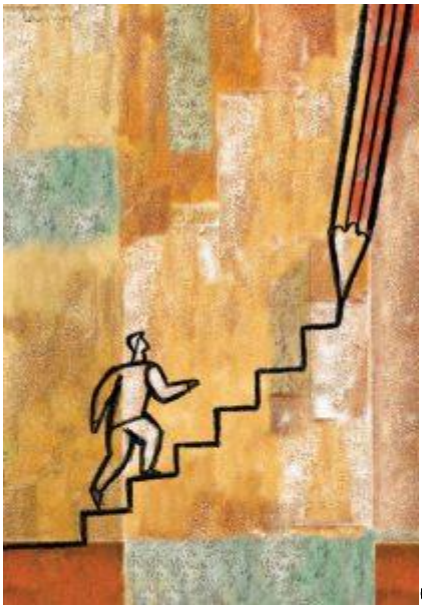
¿Hasta qué punto es inminente el colapso de la civilización actual? – Sígame, por favor

20/12/2014 por Ferran P. Vilar

"We cannot solve our problems using the same kinds of thinking that caused them.[1]" Albert Einstein


Querido lector no asiduo,

Le pido una oportunidad. Lo que le voy a mostrar en lo sucesivo estoy seguro que no le va a dejar indiferente.

Isidre Fainé, presidente de CaixaBank, es a su vez el presidente actual del capítulo español del Club de Roma. Los miembros del Club de Roma no son un grupo siniestro de conspiradores ni de ingenuos filántropos despistados, como algunos creen. Son empresarios, académicos, economistas y educadores inquietos y responsables, que por lo demás nunca se han desdicho de las (reales) afirmaciones contenidas en el informe Los Límites del Crecimiento – en adelante LLDC – emitido en 1972 por el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Y ello a pesar de los duros ataques recibidos, no siempre honestos o legítimos, que diseccionaré. Lo que aquí le voy a mostrar, como podrá usted comprobar, está seriamente fundamentado. Ya le avanzo un primer malentendido: LLDC, al mencionar límites, no se refería al PIB. Y otro: LLDC no es ecologismo, y tampoco lo pretendía. Es física, y poco más. Más: sus previsiones se están cumpliendo.

Bloomberg, Financial Times y el Washington Post llevan publicando ya hace algún tiempo, para quienes lo quieran entender, lo que denomino *causas aparentes*, de hecho síntomas de buena parte de los problemas actuales. El Fondo Monetario Internacional, el Banco Mundial y hasta el Foro de Davos muestran signos de comenzar a ser conscientes de cuál es el verdadero problema. Nos aproximaremos aquí a la causa raíz, a través de una metodología ampliamente empleada en las escuelas de negocios en los últimos 40 años.

Dese cuenta de que entre quienes elaboraron el famoso informe se encuentran gentes que, como Jørgen Randers, fue después presidente de la Escuela de Administración de Empresas de Noruega durante ocho años. Dennis Meadows ha sido miembro del claustro de la Escuela de Negocios de Darmouth durante dieciséis años. James Forrester, el *padre* del modelo de ingeniería World3 cuyos resultados son la base de LLDC, fue el creador y director de la Sloan School of Management del MIT, con financiación de la Ford Foundation. Todos ellos forman, o han formado parte, de consejos de administración de grandes empresas.

Así que si es usted de derechas o socialdemócrata, productivista en suma, le ruego encarecidamente que lea el texto que sigue y esté atento a las sucesivas entradas de blog hasta completar la serie. De hecho se lo imploro, con más motivo si es usted economista o próximo a esta profesión. Constituyen un intento serio de relato coherente sobre la crisis actual, y de sus causas.

Y con más motivo si usted fue en su día confundido, y lo sigue estando en alguna medida, con respecto al famoso informe LLDC. Éste ha experimentado ya varias revisiones – la última muy reciente, del pasado verano, cuyas principales conclusiones le mostraré. Podrá conocer las críticas a las que en su día fue sometido, examinar su validez con el paso del tiempo, criticarlas a su vez y, en definitiva, hacerse (o rehacerse) su propia opinión.

En los textos que seguirán intentaré hacerle comprender cómo la integración de distintas disciplinas resulta altamente reveladora, y sugeriré documentadamente la posibilidad de examinar los problemas que nos están aquejando bajo el paradigma alternativo de la teoría de sistemas. Relacionaré la economía con la dinámica de sistemas y con la termodinámica, de una forma que es posible que no haya usted considerado hasta ahora. Cuando digo documentadamente me refiero a que el texto contiene más de 700 referencias que, como es costumbre en este blog, incluyen en su mayoría el párrafo referido, o bien un complemento del mismo. De esta forma las referencias constituyen un guion complementario para quien desee profundizar en este terreno. Mi propósito no es otro que transmitirle lo que yo he estado aprendiendo en los últimos meses y años.

Querido lector no asiduo, es posible que en ocasiones no le guste mi tono, incluso es posible que en algún párrafo se sienta herido. Le ruego que me lo disculpe, y que me permita esta licencia en aras de mi fluidez expresiva. Espero que no huya, pues confío en saber mantener, además del rigor, también el respeto. Pero en ocasiones no podré evitar alguna dosis de ironía.

A los lectores asiduos

Querido lector asiduo, seguidor de este blog y de otros canales por los que me expreso: gracias por su paciencia y espera. A partir de ahora iré publicando regularmente las entradas de esta serie hasta completar el extenso texto que ya está casi ultimado. Si le van gustando (crean un cierto *crescendo*), le agradecería que los fuera dando a conocer.

Por lo demás me siento en deuda con usted. Debo hacerle partícipe de mi evolución. Preveo que uno de mis próximos trabajos en este blog, en primavera, consista en mostrarle mi viaje intelectual, y también emocional, desde el cambio climático hacia lo

que aquí intentaré hacerle ver. Si usted se ha preocupado por el cambio climático, estoy convencido de que le va a interesar, y preocupar, lo que en esta serie intento describir. Desde luego sigo interesado por el cambio climático, como podrá ver. Porque sigue siendo muy preocupante.

Gracias a todos.

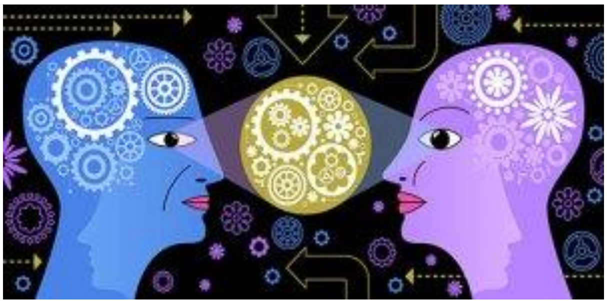
PS: Índice tentativo de la serie aquí

[1] No podemos resolver nuestros problemas con el mismo tipo de pensamiento que los ha causado

1. Introducción

22/12/2014 por Ferran P. Vilar

***"We must get away from the idea that serious work is restricted to beating to death a well-defined problem in a narrow discipline, while broadly integrative thinking is relegated to cocktail parties*.**[1]" – Murray Gell-Mann, Premio Nobel, Massachusetts Institute of Technology



El núcleo de esta serie de textos consiste en combinar distintas disciplinas, desde la física a la economía, examinarlas bajo el paraguas común de la denominada *teoría de sistemas* y extraer de todo ello algunas conclusiones en relación a la posible evolución de la civilización global actual.

Así pues empezaré por atraer al lector hacia esta metodología transdisciplinar de interrogación y proyección de la realidad, mostrando además su notable capacidad de conformación de la misma. Veremos aplicaciones de la metodología de gran éxito, tanto en ingeniería como en las ciencias sociales, y con ello aprenderemos a visualizar mecanismos sistémicos que responden a leyes generales pero que resultan ocultas a nuestros sentidos.

La dinámica de sistemas, hoy sólo trabajada a fondo en economía por la minoritaria escuela de la *complexity economics*[2] (que es nueva, pero no puede incluirse dentro de las corrientes heterodoxas) comenzó a ser aplicada a las ciencias sociales en los años 1940, siendo *think tanks* tradicionales tales como la Rand Corporation y el Lawrence

Livermore National Laboratory lugares donde se ha desarrollado tanto en su vertiente teórica como práctica, sobretodo en sus aplicaciones militares.

Mi intención es dar a conocer esta metodología de análisis y predicción a todos quienes la desconocen. Y hacérsela creíble. Lo haré tratando de descifrar y clarificar por el camino distintos malentendidos entre disciplinas, conceptos que significan cosas muy diferentes en física que, por ejemplo, en economía. Dado que los eslabones más vulnerables se encuentran en el terreno energético, que podemos conceptuar como la *fuente de alimentación* del sistema, de la megamáquina humana (en términos de Lewis Mumford)[3], haremos un (muy) breve repaso a conceptos y variables poco conocidas en geología y economía, pero que son de una importancia decisiva. Intentaré clarificar a lo largo del texto los que me consta que se prestan a confusión más a menudo.[4]

Presentaré pues los rasgos básicos de la dinámica de sistemas y sus aplicaciones en ingeniería, en ciencias sociales y especialmente en economía. Lo haré por comparación a la forma estándar de análisis macroeconómico que impera en la Academia y en la política oficial. Paralelamente tomaré ejemplos del modelo World3, base del informe 'Los Límites del Crecimiento' (*Limits to Growth*) de 1972 – que abreviaré aquí por LLDC – y que iré así introduciendo.

También veremos cómo estas aplicaciones están adquiriendo una notoriedad creciente, y examinaremos sus extensiones a la política y a la historia. Si se amplía el foco lo suficiente es posible llegar a deducir ciclos seculares – superpuestos a los más conocidos de menor duración – que han experimentado las sociedades del pasado. Y que podrían estarse manifestando ahora al conjunto de la sociedad mundial globalizada en toda su magnitud.

Una vez vistos cuáles son sus pilares estructurales presentaré el modelo World3 a rasgos generales. Examinaré si alguno de los escenarios entonces previstos se corresponde con la realidad pasada y presente, más de 40 años después de su formulación, en base a las revisiones en profundidad que han realizado hasta ahora distintos organismos, la última tan reciente como el pasado verano.

Nos daremos cuenta de que los indicios de problemas de fondo muy serios son incuestionables, y que ninguna persona responsable debería descartarlos sin un examen atento. Le mostraré además cómo, en nuestro estadio evolutivo, nos cuesta tanto darnos cuenta de todo ello y sólo ahora comenzamos a estar en condiciones de entender su significado.

Completaré la fundamentación de mis afirmaciones con las enseñanzas adquiridas y validadas en el Congreso Internacional del Pico del Petróleo (Barbastro, 9-10 octubre 2014), que reunió a los algunos de los mejores especialistas europeos y norteamericanos (alguno por videoconferencia) sobre esta controvertida cuestión. Y las aprendidas en dos actos patrocinados por CaixaBank. Uno de ellos fue una jornada de alto nivel sobre 'Los límites al crecimiento retomados' (Barcelona, 18 noviembre 2014) y el otro un debate sobre 'Créixer sense consumir'[5], dinamizado por el filósofo de la ciencia Jordi Pigem (Barcelona, 27 noviembre 2014).

Con todo ello estimo que estará usted en condiciones de entender las razones de fondo que motivan a los firmantes del manifiesto 'Última Llamada'. Tendrá desde luego la

posibilidad de mostrarse en desacuerdo, si así lo desea. Pero para ello tiene la obligación de conocerlos previamente, por lo menos con el alcance mínimo que intentaré mostrarle.

Lo más difícil será al final, cuando examinemos las posibilidades que quedan a nuestra disposición, por ejemplo tecnológicas. Ya le adelanto que no parece haber muchas, pero veremos cómo la teoría de sistemas ofrece una herramienta de gran utilidad para el análisis de las posibles respuestas, y lo imprescindible que es emplear esta metodología para complementar nuestros sentidos.

Notas al pie

[1] Debemos abandonar la idea de que el trabajo serio se reduzca a golpear hasta la muerte un problema bien definido en una disciplina estrecha, mientras que el pensamiento amplio e integrador es relegado a la hora del cóctel."
[2] También algunas escuelas heterodoxas, como la ecológica, emplean ocasionalmente la dinámica de sistemas en sus análisis.
[3] Gracias a Pedro Prieto por este concepto y autor
[4] Aunque lo mejor que puede hacer en este aspecto es seguir el magnífico blog divulgativo de Antonio Turiel y la gente de Crash Oil, de donde yo mismo me he inspirado.
[5] Crecer sin consumir

2. La visión sistémica – 2.1. La teoría de sistemas, un paradigma científico alternativo

23/12/2014 por Ferran P. Vilar

"No som espectadors d'un món d'objectes, sino coautors i cocreadors d'un món de relacions." [1] Jordi Pigem



Índice de la serie y enlaces

¿Se acuerda de la ‘oficina sin papeles’? Pues desde la generalización de la informática el consumo de papel en las empresas es superior al de los tiempos de la contabilidad manual y las máquinas de escribir mecánicas. ¿Se da cuenta de que no hemos parado de construir carreteras, sólo para comprobar que los atascos no cesan? ¿Cree usted que la automatización de los procesos industriales y empresariales ha aumentado, como podía esperarse, el tiempo libre de los trabajadores? Ya sabe la respuesta. Las medidas de eficiencia energética ¿reducen o aumentan el consumo energético? Pues en condiciones de abundancia y mercado libre lo aumentan, al producirse un doble efecto *rebote*, ya descrito en el siglo XIX (1) y ahora confirmado y cuantificado (2). Si un país emite menos CO_2 ¿disminuirá la concentración atmosférica? No, porque ello haría descender el precio del combustible y las emisiones que esa comunidad no realice las efectuarán otros, a quienes el combustible resultará ahora accesible mientras que hasta ahora no le alcanzaba. La reducción de los salarios ¿aumenta el beneficio de las empresas? No a medio plazo en una economía cerrada, pues los trabajadores pierden capacidad de consumo y ello acaba afectando a las ventas. Los efectos de la realimentación, la variable tiempo, los retardos, y especialmente la *amplitud de miras* se muestran decisivos en estas situaciones.

Estos ejemplos de *comportamiento sistémico* contraintuitivo (3) son debidos a los fenómenos de realimentación (*feedback*). Es posible abordarlos con todo rigor, como hace la ingeniería de forma rutinaria, mediante la denominada *teoría general de sistemas*, y analizarlos matemáticamente mediante la formulación propia de la *dinámica de sistemas* (dinámica = evolución en el tiempo) de modo que proporcionen resultados inobjetables en un amplio margen de validez temporal, superior en principio al de los modelos basados en otras metodologías (lineales, teoría de juegos, etc.).

La teoría general de sistemas, y en particular su ámbito de dinámica de sistemas, no es otra cosa que una herramienta lógico-matemática multidisciplinar – y de aplicación transdisciplinar – que constituye, por derecho propio, y por verificación repetida y sobrada, un paradigma alternativo en el modo de acercarse a la realidad de forma científica. Las primeras aplicaciones se dieron en el ámbito de la ingeniería, para abrazar después sistemas socio-técnicos y, finalmente, las ciencias sociales. En ingeniería hace uso de una diversidad de herramientas matemáticas como las ecuaciones diferenciales, las funciones de variable compleja y de variable aleatoria, geometría diferencial, optimización y teoría de grafos (4), si bien en ciencias sociales el componente matemático es por ahora menos exhaustivo.



La dinámica de sistemas es imprescindible como herramienta de análisis y diseño en muchas ramas de la técnica. Sin la aplicación de la dinámica de sistemas no sería posible mantener estable un amplificador electrónico (de audio o de lo que sea) para que cumpla correctamente su

función, no se podría garantizar el equilibrio de la red eléctrica (sistema socio-técnico) ni analizar y estabilizar la cinemática de las reacciones en las plantas químicas o mantener la estabilidad de las nucleares o las siderúrgicas. En general todo proceso industrial *continuo* o *por lotes*[2], como saben muy bien todos los ingenieros industriales, se ha diseñado teniendo a la dinámica e ingeniería de sistemas como base matemática y hacedora imprescindible de descubrimiento de certezas, predicciones y perspectivas profundas.

Sin ella no existirían ni la servodirección de los automóviles, ni el ABS, ni los estabilizadores ni los pilotos automáticos. Los fallos de la red eléctrica serían constantes e Internet estaría saturado desde hace años. La trayectoria de un cohete sería errática si su propulsión no hubiera sido analizada y diseñada mediante la dinámica de sistemas. La robótica es impensable sin la dinámica de sistemas, y desde luego el control de la posición o la velocidad o la aceleración, etc., de cualquier motor. De hecho un automóvil contemporáneo de gama alta puede llegar a incorporar hasta 100 controladores en red, que resuelven constantemente ecuaciones de dinámica de sistemas en tiempo real. Aun cuando el término haya caído en cierto desuso, la *cibernética* no es otra cosa que la aplicación práctica de la dinámica de sistemas a la ingeniería (5,6). Precisamente *cibernética* procede del término griego *kybernetes* (timonel).

Dinámica rápida, dinámica lenta

Una forma de clasificar los sistemas que es relevante aquí es distinguir entre los de *dinámica rápida* y los de *dinámica lenta*. Planteado así resulta poco ilustrativo, pues aparece la duda de adónde ponemos la línea divisoria. Bastarán sin embargo algunos ejemplos para entender lo que quiero decir, y su interés.

Una servodirección de un automóvil es un ejemplo de sistema de dinámica rápida (hay sistemas mucho más rápidos todavía), pues el motor que acciona el giro de las ruedas debe responder inmediatamente a la posición del volante[3]. La dinámica de un sistema de calefacción con termostato es, en comparación, relativamente lenta, pues desde que se activa hasta que el recinto alcanza la temperatura deseada transcurren, habitualmente, por lo menos minutos.

Por su parte el sistema climático es un sistema de dinámica muy lenta, pues para pasar de un estado de equilibrio a otro, bien sea forzado por su posición relativa respecto al sol, o bien por un exceso de efecto invernadero de cualquier origen, pueden pasar miles de años, incluso millones – si bien a pequeña escala de tiempo los cambios vividos pueden ser muy abruptos, del orden de 10 años, como ocurrió no hace tanto tiempo (7). Por lo demás, un sistema arquetípico de dinámica lenta son la mayoría de sistemas sociales, que evolucionan en períodos de días a siglos.

Lo importante, la clave de esta colección de textos que ya comienza a entrar en materia es saber que, tanto en los sistemas de dinámica rápida, como en los de dinámica lenta, el comportamiento responde a las mismas claves. Son analizables, y (parcialmente) predecibles, con las mismas herramientas. Aplica la misma metodología, las mismas leyes, la misma matemática repleta de derivadas, derivadas parciales, integrales, integrales múltiples, transformadas y teoremas varios que, cuando se conocen bien, resulta evidente que presenta resultados incontrovertibles. Los estudios de ciencias económicas de la actualidad son muy exigentes en el terreno de la formalidad

matemática, por lo que todo estudiante de provecho estaría tranquilamente en condiciones de dominarla. Pero, lamentablemente, a los economistas esto no se lo enseñan. De hecho los libros de texto de la carrera ni tan siquiera lo mencionan, con sólo alguna excepción: en el libro *Microeconomic Theory*, de Andreu Mas Colell[4], se advierte[5]:

"Un hecho característico que diferencia la economía de otros ámbitos científicos es que… las ecuaciones de equilibrio constituyen el centro de nuestra disciplina. Otras ciencias, como la física o incluso la ecología, ponen comparativamente más énfasis en la determinación de las leyes dinámicas del cambio." (8)

Tanto en los sistemas de dinámica rápida como en los de dinámica lenta es posible (pero no lo es siempre) insertar astutamente mecanismos de control orientados a que el sistema responda según un comportamiento predefinido y deseado. El diseño de este controlador puede basarse en la misma técnica-arte de base tanto si el sistema es de dinámica rápida como si es de dinámica lenta.

A menudo, a medida que se va ampliando la frontera del sistema, la dinámica se hace más lenta. Llega un momento que, como las agujas del reloj, parece que estén quietas, pero no lo están. De modo que todo análisis que parta del hecho de que las agujas están siempre en el mismo lugar o no será válido, o su validez tendrá un margen sensiblemente reducido. No tener esto en cuenta es una forma habitual de engañarse, aún con toda apariencia científica.

Mirar al bosque y no a los árboles



Analizar la realidad en términos de la *teoría general de sistemas* constituye un paradigma científico, alternativo al reduccionismo[6] estándar, cuya eficacia ha sido demostrada ya en muchos ámbitos del conocimiento, muchos más de los que les parece incluso a sus practicantes. Su poca difusión para el análisis de la sociedad y ***en*** la sociedad no deja de sorprender. Puede ser debido al hecho de ser una herramienta oculta a los sentidos (9,10) – pues las ecuaciones de la dinámica de sistemas son ahora realizadas electrónicamente en el interior de las máquinas[7]. O al hecho de que requiera un tratamiento matemático algo avanzado – que permite descubrir mecanismos bien reales, pero ocultos y a menudo contrarios a la intuición. O, como iré insinuando, lo oculto sean precisamente los motivos por los que esta aproximación científica a la realidad no haya alcanzado, a pesar de sus, como veremos, comprobados méritos, toda la difusión que merecería para el análisis y la ayuda a la resolución de los dilemas humanos y sociales, y no sólo tecnológicos.

Una aclaración con respecto al reduccionismo. Esta palabra tiene dos acepciones que no deben confundirse. La que empleo aquí es la cartesiana, en el sentido de *reducir* los fenómenos a sus componentes y analizarlos por separado en una sucesión de reducción en principio sin fin que, por ejemplo en física, concluye en la mecánica cuántica y quién sabe si más allá. La otra acepción es la de simplificación. En este sentido, dado que la dinámica de sistemas construye modelos matemáticos y éstos son siempre una representación simplificada de la realidad, puede decirse también que es reduccionista. Pero sólo en este sentido y no en el anterior, pues no reduce, sino que integra, y lo hace en el marco de la denominada *perspectiva holística* (de ὅλος, el todo). Salvo indicación en contrario, me referiré en lo sucesivo a la primera acepción. Por lo demás veremos más adelante la *metáfora del mapa*, que nos ayudará a comprender mejor lo que estoy diciendo.

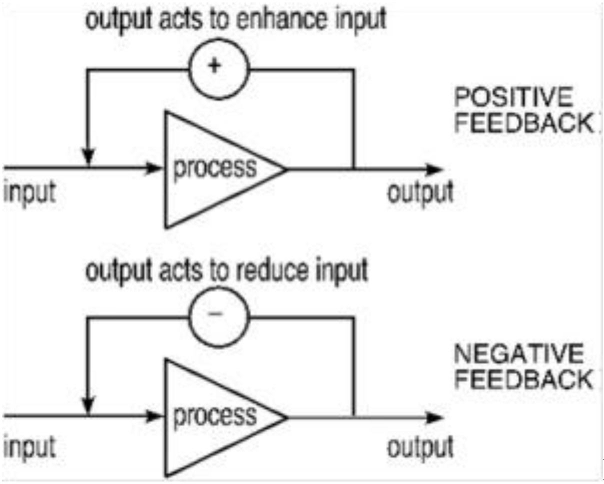
La metodología de la dinámica de sistemas consiste en establecer las ecuaciones matemáticas que describen las interacciones entre los distintos componentes de un sistema, haciendo abstracción de los detalles de los componentes y concentrándose en sus funciones características, sus propiedades y sus ***relaciones*** entre sí y con el exterior (11).

Los conceptos centrales en dinámica de sistemas son los *flujos* y *acumulaciones*[8] (también llamadas existencias). Estas acumulaciones son fuentes o sumideros de flujos (y están por tanto *limitados*) que evolucionan con el tiempo, en lo que se denomina *reducción a la dinámica*, por contraposición a la *reducción a los componentes* propia del reduccionismo (12). De forma general, un sistema es impredecible en sus detalles[9], pero su tratamiento matemático ofrece información valiosa y a menudo suficiente con respecto a los aspectos generales que se estudian. Se mira el bosque, y se prescinde de los detalles de los árboles.

Si bien la palabra *sistema* se aplica a todo tipo de situaciones, el elemento descriptor diferencial de la metodología que describiré es la *realimentación*[10], conocida también por *retroalimentación* o por el apelativo inglés *feedback*. Términos como reflexividad o dialéctica[11], en el marco de cierto estructuralismo o funcionalismo estructural, son términos similares a realimentación, pero resultan más familiares a las ciencias sociales. Lo interesante de este comportamiento de realimentación es que es muy descriptible matemáticamente y tratable sin pérdida de generalidad.

El signo de las realimentaciones

Realimentación se refiere a una situación en la que una causa produce un efecto y, a su vez, simultáneamente o retardo mediante, este efecto influye sobre la causa (de ahí que se le llame lazo), en general a través de una cadena de causas y efectos intermedios que pueden, o no, ser de la misma índole. No es posible estudiar la relación entre causa y efecto independientemente de la función causal del propio efecto y deducir de ahí el funcionamiento de un mecanismo o sistema: hay que hacerlo *a la vez*, teniendo en cuenta estas interacciones circulares. Sólo se conseguirán resultados correctos si se estudia el conjunto del sistema como *sistema realimentado*. La mejor noticia posible aquí es que se esta situación permite ser descrita matemáticamente de una forma relativamente sencilla en su origen, y *de validez universal*.



La realimentación puede ser positiva o negativa. La realimentación negativa consiste en que el efecto provoca una disminución progresiva de la causa que lo produce, de modo que al disminuir la intensidad de la causa disminuye el efecto, y así. Un lazo de realimentación negativa tiende a estabilizar un sistema (otra cosa es que lo consiga, pues no es condición suficiente).

La realimentación positiva consiste en que el efecto provoca un aumento progresivo de la causa que lo produce, de modo que al aumentar la intensidad de la causa, el efecto aumenta todavía más. Un lazo de realimentación positivo tiende a desestabilizar un sistema (y siempre lo consigue en alguna medida, pues su presencia es condición suficiente), y crea una evolución de tipo exponencial.

Ya nos damos cuenta de que en este caso la semántica nos es poco favorable. Lo de positivo o negativo se refiere al signo (si el efecto suma o resta a la causa), pero convendrá conmigo que, en principio, parece mejor tender al equilibrio que a la desestabilización. Ya le decía yo que todo esto tiene mucho de contraintuitivo[12].

Veamos un ejemplo de realimentación positiva incluido en World3, el modelo que sirvió de base a *Los límites del crecimiento* (LLDC):

“La mayor parte de la producción anual son bienes de consumo tales como vestido, automóviles y viviendas, que abandonan el sistema industrial. Pero una fracción de la producción consiste en más capital – telares, plantas siderúrgicas, tornos – que constituyen una inversión para aumentar las existencias de capital. Tenemos aquí otro lazo de realimentación [además del crecimiento de la población]. Más capital crea más producción, cierta fracción variable de la producción es inversión, y más inversión significa más capital. El nuevo capital, mayor, genera más producción, y así sucesivamente.” (13)

La necesaria unidad de las ciencias

A diferencia del análisis tradicional de abajo hacia arriba *(bottom-up)*, con la dinámica de sistemas se establece la función de los distintos componentes del sistema y sus interrelaciones de arriba hacia abajo *(top-down)*, motivo por el cual algunos hablan de causalidad *hacia abajo* (*downward causation*) (14,15) en el marco de una jerarquía de relaciones causales – a no confundir con la causalidad *circular* propia de los lazos de realimentación.

Y es que reduccionismo *bottom-up* y teoría de sistemas *top-down* deben cuadrar. Cada ámbito ofrece resultados e información de un tipo al que el otro no alcanza. Pero los resultados deben encontrarse en algún punto intermedio, deben ser consistentes, siquiera conceptualmente. Si no lo son es que hay algo que está mal.

Siendo como es una herramienta transdisciplinar, la dinámica de sistemas tiene la magnífica utilidad de poder abrazar distintos campos en un mismo lenguaje y tratamiento. Por ejemplo, en LLDC se puso en relación la agricultura, los recursos naturales, la economía (en términos de inversión de capital), la contaminación y la demografía, disciplinas que son analizadas por separado por distintos especialistas, generalmente por la vía del reduccionismo, pero que no se habían puesto nunca bajo el mismo *paraguas*.



Otto Neurath, quien defendía la unidad de las ciencias con la oposición del macartismo imperante

En el terreno económico la dinámica de sistemas permite soslayar la *agregación por adición* de componentes individuales propia de los modelos de la economía neoclásica, de base newtoniana, que Keynes denominaba *falacia de composición*[13] (16,17). En cambio, sin abandonar el *positivismo*[14], tiene mucho que ver con la *unidad de las ciencias* que reclamaba el economista del Círculo de Viena Otto Neurath[15] a economistas como Frederick Hayek tras la segunda guerra mundial (18). Dicho sea de paso, Neurath fue acosado y neutralizado por el macartismo imperante (19) junto al sociólogo Talcott Parsons, teórico por su parte de la dinámica de sistemas aplicada a la sociología a mitades del siglo XX (20).

Por el contrario, la dinámica de sistemas no tiene nada que ver, sino que es opuesta, a los *minutísima* que quería definir Edward O. Wilson en su *consiliencia* de las ciencias (21) o con los *memes* de Richard Dawkins (22). Éstos fueron intentos, ambos fallidos, de extensión del reduccionismo de las ciencias físicas a las ciencias sociales, y muestra del imperialismo excesivo de la noción de ciencias físicas de la Ilustración hacia las demás disciplinas (23). Sin embargo, como veremos, la extensión a las ciencias sociales del *systems thinking* – traducido por *pensamiento sistémico*[16] – ha alcanzado un notable, y renovado, desarrollo. Singularmente en Europa, aunque mucho menos en los Estados Unidos.

Historia de la dinámica de sistemas



Jay Forrester

Algunos tienen a Jay Wright Forrester, del prestigioso *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*, por el padre de la dinámica de sistemas (24,25). Pero Forrester, un ingeniero electrónico que lideró el desarrollo del modelo matemático World3 cuyos resultados llevaron a las conclusiones y advertencias publicadas en 'Los Límites del Crecimiento' en 1972, no fue más que el primero en aplicar la teoría general de sistemas a *una parte* las ciencias sociales, en particular a la empresa y como ayuda a la toma de decisiones de gestión (26) – y más tarde a la economía, pero eso ya lo habían hecho otros aunque de forma más rudimentara. Sin embargo, Ludwig von Bertalanffy quien, como Otto Neurath, también había pertenecido al Círculo de Viena (27) en los años 1920, la había aplicado ya (y fue quien la bautizó) a sistemas ecológicos y biológicos comenzando en 1926, y extendió su validez conceptual al crecimiento orgánico (28) y a los sistemas *abiertos* a mitades de siglo (29).

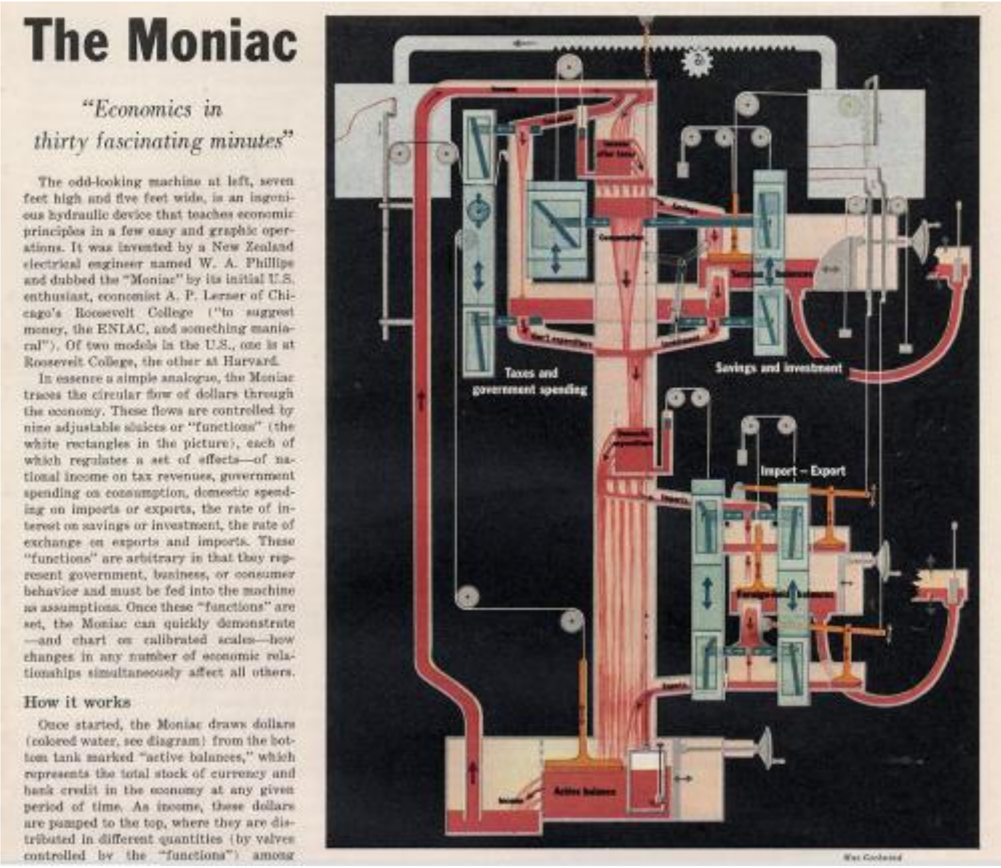
Con todo, poco antes el bielorruso bolchevique Alexander Bogdanov, médico y economista, había desarrollado ya una teoría de sistemas de cierta sofisticación a la que denominó 'tectología', o ciencia de las estructuras (30). Bogdanov llegó a anticipar lo que en los años 60 fue denominada 'teoría de las catástrofes', concepto que después tomó el apelativo de 'bifurcación' (31). Matemáticamente, un punto de bifurcación señala un cambio súbito en el denominado *espacio de fase*, una *singularidad*; físicamente corresponde a situaciones de inestabilidad y a transiciones abruptas, en general irreversibles, susceptibles de dar lugar a nuevas formas ordenadas que aparecen súbitamente (32).

Antecedentes de la dinámica de sistemas en economía

Tampoco es muy conocido que la primera referencia a la aplicación de la dinámica de sistemas a la economía fuera mencionada por el presidente de la asociación de ingenieros alemanes, Hermann Schmidt, tan pronto como en octubre de 1940. El ingeniero académico británico Arnold Tustin, muy respetado por sus avances teóricos, efectuó también extensiones del método a la biología y a la economía ya a mitad de los

años 40 (33), mostrando sus mecanismos dinámicos y las posibilidades de estabilización de un sistema económico mediante la teoría de control (34), aproximación que fue celebrada por R.G.D. Allen, de la London School of Economics (35). En los Estados Unidos Kenneth Boulding, que llegó a ser nada menos que presidente de la American Economics Association (AEA) en los años 60, se interesó también por su aplicación a las ciencias sociales en general y a la economía en particular. Llegó a calificarla de *esqueleto de la ciencia*, y estableció una jerarquía de análisis (36). Su familiaridad con la metodología debió llevarle a su famosa frase según la cual sólo es posible creer en el crecimiento exponencial indefinido siendo un loco… o un economista (37). Sus sucesores en la AEA abandonaron, al parecer, perspectiva tan global, y se dedicaron a partir de entonces a promover la globalización (38).

Forrester no fue exactamente el primero en hacer un modelo de la economía incorporando extensamente la variable tiempo. En 1929 el noruego Ragnar Frisch, que algunos comparan con Keynes, escribió tres ecuaciones diferenciales, precursoras de la dinámica de sistemas en el terreno económico (39), para dedicarse más tarde a formular matemáticamente los modelos descriptivos que había planteado Keynes en su Teoría General, donde el tiempo sólo aflora tímidamente.


The Moniac

"Economics in thirty fascinating minutes"

The odd-looking machine at left, seven feet high and five feet wide, is an ingenious hydraulic device that teaches economic principles in a few easy and graphic operations. It was invented by a New Zealand electrical engineer named W. A. Phillips and dubbed the "Moniac" by its initial U.S. enthusiast, economist A. P. Lerner of Chicago's Roosevelt College ("to suggest money, the ENIAC, and something maniacal"). Of two models in the U.S., one is at Roosevelt College, the other at Harvard.

In essence a simple analogue, the Moniac traces the circular flow of dollars through the economy. These flows are controlled by nine adjustable sluices or "functions" (the white rectangles in the picture), each of which regulates a set of effects—of national income on tax revenues, government spending on consumption, domestic spending on imports or exports, the rate of interest on savings or investment, the rate of exchange on exports and imports. These "functions" are arbitrary in that they represent government, business, or consumer behavior and must be fed into the machine as assumptions. Once these "functions" are set, the Moniac can quickly demonstrate—and chart on calibrated scales—how changes in any number of economic relationships simultaneously affect all others.

How it works

Once started, the Moniac draws dollars (colored water, see diagram) from the bottom tank marked "active balances," which represents the total stock of currency and bank credit in the economy at any given period of time. As income, these dollars are pumped to the top, where they are distributed in different quantities (by valves controlled by the "functions") among

Figura 1.- Máquina de Newlyn/Phillips, según fue publicada en la revista Fortune, consistente en un simulador analógico del sistema económico USA donde el dinero era representado por un flujo de agua coloreada

Más divertido e instructivo fue el complejo artilugio hidráulico que idearon en 1949 dos amigos que se conocieron en la London School of Economics, y que causó furor en su momento (40,41). La máquina de Newlyn-Phillips, apodada *The Moniac*, representaba la evolución en el tiempo de un sistema económico mediante flujos y acumulaciones de dinero, representado éste por agua circulante o almacenada, con sensores y válvulas como limitadores y un motor como accionamiento – claro ejemplo de la correspondencia entre energía y economía. De hecho era la viva imagen de un simulador analógico resolviendo ecuaciones diferenciales no lineales (!). El aparato diseñado por estos dos inventores, del que llegaron a construirse hasta 12 unidades, sigue exhibiéndose como material histórico en unas pocas sedes de estudios económicos en Londres y Nueva Zelanda. A tener en cuenta que Newlyn era experto en ingeniería eléctrica, y Phillips, que era sociólogo, se había formado como ingeniero de control aunque llegó a ser más conocido por sus aportaciones a la teoría económica[17] (42). ¿Qué es lo que movió a esos pioneros a entrar en este campo? No otra cosa que la búsqueda de una explicación teórica a los ciclos empresariales que había descrito Joseph Schumpeter. Y es que, para el análisis y predicción de los ciclos, de cualquier ciclo de cualquier proceso que los tenga, no hay mejor herramienta que la metodología de la dinámica de sistemas[18].

Más recientemente, Steve Keen (43) y Geoff Davies (44) han elaborado también modelos dinámicos relativamente elementales en el terreno económico.

En ingeniería y biología, y más

A principios de los 70 Gregory Bateson aplicó (experimentalmente, según manifestaba) la dinámica de sistemas a la antropología y la psicología (45,46).

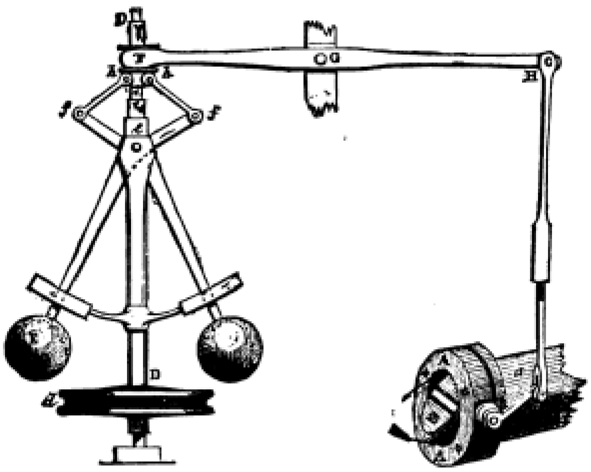


FIG. 4.—*Governor and Throttle-Valve.*

Regulador de Watt, 'gobernando' la apertura de una válvula

Descartado Forrester como padre, el origen de la dinámica de sistemas se suele atribuir a James Watt (si, el de los vatios). Fue él quien ideó, en 1788, el *regulador* que lleva su nombre[19]. Consistía en un control de la velocidad de un motor de vapor (47,48). Pero en realidad el navarro Jerónimo de Ayanz y Beaumont había empleado ya a principios de siglo XVII un 'regulador de martillos' para una máquina de vapor, en lo que constituye el primer prototipo documentado de regulador centrífugo y máquina de vapor conjuntos[20] (49).

James Clerck Maxwell inició en 1868 el trabajo teórico que desembocó en las primeras ecuaciones diferenciales respecto al tiempo que están en la base de esta metodología, y estableció matemáticamente las condiciones de estabilidad de un sistema lineal[21] – aspectos en los que profundizaron Vyshnegradskii en 1876, Routh en 1877 y Hurwitz en 1895 (50). El título del trabajo seminal de Maxwell, '*On governors*', orientado a seguir el movimiento de los planetas en los telescopios, ya debió provocar urticaria a más de uno de la época (51). Si resultaba que el poder se podía ejercer automáticamente, alguien pudo temer que le quitaran una parte.

C.S. Holling, de la Universidad de la Columbia Británica, mostró en 1973 las condiciones de existencia de un concepto, hoy muy en boga, conocido por *resiliencia* (52). Se entiende por tal la capacidad de un sistema de recibir encontronazos y, a pesar de ello, mantener un correcto funcionamiento[22]. Lo hizo en el marco de los *ecosistemas*, que es la mejor imagen mental que puede usted hacerse de cómo se abordó más adelante la teoría de sistemas en el ámbito socio-técnico[23].

Por su parte, en los años 70 y 80, los trabajos del belga Ilya Prigogine introdujeron el concepto de *estructuras disipativas auto-organizadas* en sistemas cerrados[24], y mostraron que su evolución es analizable empleando la formulación matemática que se había desarrollado en los años 60 para la dinámica de sistemas no lineales (53). Ahí comenzó el interés por estudiar la vida en términos termodinámicos y al intento de conjugarla con la teoría de la evolución (54).

Más recientemente se ha abrazado la visión del sistema económico como un *sistema disipativo auto-organizado* lejos del equilibrio (55) cuyas ecuaciones, en determinadas circunstancias concretas (y limitativas por tanto de su ámbito de aplicación) resultan simplificadas y desembocan en las ecuaciones de los modelos estándar (56,57).

No le lío con la teoría de la información, que también juega un papel. Pero por favor tome nota de ello, pues también entra en la ecuación (58,59).

Propiedades que emergen

Algunos filósofos de la teoría de sistemas destacan lo que denominan propiedades *emergentes*. Es una forma de referirse a la función que ejerce el conjunto, función que desaparece sin la adecuada conjunción de sus componentes, o con la retirada de uno de ellos[25]. Por ejemplo. No es lo mismo un conjunto de células que un mamífero, ni un grupo de jugadores que un equipo de fútbol, ni un conjunto de piedras que una catedral. Ya Aristóteles había advertido propiedades emergentes cuando afirmaba que el todo es más que la suma de las partes. Más recientemente se ha abrazado la idea de *sinergia*, en relación a los efectos combinados producidos por la interacción entre distintos elementos, partes o individuos, que no se producirían por separado o si el acoplamiento mutuo, su forma de relación, no es el adecuado (60).

La expresión emergente resulta algo inquietante, como si surgieran espíritus de alguna parte. Puede ser, pero en principio todo es más sencillo. La propiedad emergente de una máquina diseñada por un ingeniero es la función del artefacto; en el terreno biológico se considera que una propiedad emergente es la vida o la conciencia; en el terreno social, un ejemplo de propiedad emergente es la cultura.

Pero cuando se dice *emergentes* ¿qué se quiere decir? ¿De dónde demonios emergen? En realidad se trata de un término sólo concebible desde la visión reduccionista, pues surgen como fantasmas que no hay forma de ver *desde abajo*. Sólo se manifiestan cuando se contempla al sistema *desde arriba*, cuando se examina su función como conjunto, como sistema. Un sistema son sus partes y las relaciones entre ellas, y las *propiedades emergentes* desaparecen si se eliminan las relaciones.

Otro ejemplo. Individuo y sociedad. Una forma de generar hemiplejia cognitiva es considerar, con Margaret Thatcher, que la sociedad no existe, y que sólo existen los individuos. Si acaso, como mucho, la suma de todos ellos, como hacen los economistas neoclásicos. Margaret Thatcher, y otros, hicieron suya esta idea a partir de sus lecturas y encuentros con Frederick Hayek y Milton Friedman, auténticos hacedores de la sociedad occidental actual (61) a través de la Mont Pélérin Society (62). Nuestros libérrimos economistas nobelados estaban encantados con ella (la idea) pues la forma en que configuran sus modelos matemáticos les impide asumir el concepto de conjunto en toda su magnitud. Miel sobre hojuelas, pues sin duda estos dos ultraliberales se encontraban mucho más a gusto de uno en uno sin interferirse (sólo comerciando) que con toda una sociedad delante, quién sabe si dispuesta a plantarles cara.

Todo es termodinámica

Un complemento esencial a la dinámica de sistemas son las leyes de la termodinámica. Mejor dicho: son su razón de ser.

Las leyes que gobiernan los flujos de energía y su transformación, a saber, las leyes de la termodinámica, constituyen el marco inviolable en el que todas las cosas ocurren: la evolución del universo, la dirección de la flecha del tiempo, la evolución de las civilizaciones, y también los procesos económicos. Sin flujos de energía nada ocurre (63), y todo lo que ocurre en el transcurso del tiempo lo hace debido a que existen flujos de energía como condición necesaria (y suficiente). De modo que las ecuaciones de dinámica de sistemas incorporan la termodinámica implícitamente, pues sin ella no podrían siquiera formularse (nada evolucionaría con el tiempo)[26]. La principal grandeza de las leyes de la termodinámica es que su marco de validez es absolutamente universal: se cumplen siempre, en todas partes. No tienen excepciones.

Quienes comenzaban a tener claras las implicaciones de la termodinámica en el sistema económico a partir de los trabajos de Clausius y Carnot en el siglo XIX escribieron primero a Marx, y después a Engels por falta de respuesta satisfactoria del primero (64). Le advertían de que esto del crecimiento económico y el productivismo había que enfocarlo de otra manera (65). Que había límites, que no todo era posible. Marx parecía saberlo, pues en El Capital habla de metabolismo, aunque referido solamente a la producción agrícola (66). Pero no asumió sus mínimas implicaciones y, según Joan Martinez-Alier, llegó incluso a despreciar la ley de rendimientos decrecientes en agricultura (67).

A principios del siglo XX el químico Frederick Soddy ya advertía de que la riqueza (a diferencia del dinero, decía) estaba sometida a las leyes de la termodinámica (68). Y a mitades de siglo un físico y también químico, de nombre Frederick Gardner Cottrell escribía, en su obra *Energy and Society: the Relation Between Energy, Social Change,*

and Economic Development[27], que las leyes de la termodinámica ponen condiciones a los deseos:

"Si quieres esto, ahí tienes las condiciones bajo las cuales lo puedes obtener." (69)

Desde luego Cottrell era un visionario, pues ya nos advertía entonces que:

"Será solo cuando encontremos la respuesta de la naturaleza, en forma de fuertes rendimientos decrecientes en la energía, cuando podemos esperar que la revolución [industrial] en curso se ralentice." (69)

Veremos más adelante el carácter profético de estas palabras en relación a los problemas actuales.

En los años 70, la obra del rumano Nicholas Georgescu-Roegen sobre el proceso económico *entrópico*, que integraba esta visión e incorporaba formalmente las leyes de la termodinámica al sistema económico (70), no alcanzó el eco que merecía. Su magna obra fue descartada como libro de texto en las universidades, donde siguen ignorándola a día de hoy salvo en círculos muy reducidos. Demasiada heterodoxia para el momento, o demasiado pronto todavía para superar un viejo paradigma que algunos llevaban tiempo cuestionando, pero que, por entonces, parecía funcionar. Los límites aún no se habían manifestado. En las facultades de economía la termodinámica, simplemente, no existe.

Al unir ambos terrenos, dinámica de sistemas y termodinámica, y aplicarlas a la economía es posible darse cuenta, de forma inequívoca, de que el límite último del ritmo tolerable de producción y de transformación industrial (entrópica[28]) viene dictado por el medio, el entorno físico, y no por la economía o por la ingeniería[29]. La *economía circular* resulta ser una imposibilidad termodinámica si no se dispone de energía suficiente (y barata), a pesar de los distintos intentos bienintencionados como son el capitalismo natural, la ecología industrial, 'de la cuna a la cuna', y otros (71). El proceso económico no es, no puede ser una máquina de movimiento perpetuo como imaginaba el influyente Ramsey en 1928 (72,73). A pesar de ello sus ecuaciones siguen formando parte de todos los análisis macroeconómicos al uso cuando de descuento temporal se trata.

En un *paper* en su día premiado, el economista francés Robert U. Ayres advertía en 1993, mientras señalaba la importancia de la energía y la termodinámica en el proceso económico, que:

"Suponer, como muchos tienen por cierto, que el proceso, y el *desarrollo*, económico, no es otra cosa que un proceso natural que puede ocurrir espontáneamente en cualquier parte del mundo con sólo darles más libertad a los empresarios es un grave error." (74).

Como reza la doctrina económica vigente, añado yo. Pero error que sólo se explica por la capacidad de limitar e imponer una visión conveniente de la realidad, para que quienes sostienen esta doctrina tengan así la posibilidad de hacer lo que les dé la real gana, cada día un poco más.

Examinar referencias

Notas al pie

[1] No somos espectadores de un mundo de objetos, sino coautores y cocreadores de un mundo de relaciones (75)
[2] Procesos *batch*; hace años también que los procesos industriales discretos resultan automatizados mediante la dinámica de sistemas basada en la denominada “transformada Z.”
[3] Se dice que el sistema opera en *tiempo real*
[4] Actual *conseller d'economia* del gobierno catalán
[5] He encontrado esta cita en el libro de Jordi Pigem (75)
[6] No crea que hablo de reduccionismo en términos peyorativos, pues nos ha permitido grandes gestas. Es su aplicación inapropiada lo que cuestiono
[7] Antes de la explosión de la microelectrónica se realizaba mediante tecnologías mecánicas, neumáticas y oleohidráulicas, ámbitos hoy reducidos a los pocos casos en que presentan ventajas frente a la implementación electrónica.
[8] Técnicamente, una existencia o acumulación es la integral de un flujo.
[9] No hay una definición comúnmente aceptada de sistema complejo, ni medida de esta cualidad. Como metáfora puede imaginar algo ‘complicado’, difícil o imposible de describir en todas sus causalidades
[10] Como en mis estudios le llamábamos siempre realimentación, así voy a seguir haciéndolo
[11] Concepto definido por Hegel y retomado por Marx
[12] Margarita Mediavilla me señala que últimamente se tiende a emplear las expresiones ‘realimentación reforzante’ y ‘realimentación estabilizante’, que me parecen mucho más adecuadas de cara al discurso popular
[13] Es una falacia porque los comportamientos sólo pueden sumarse si son lineales (76), y el comportamiento humano desde luego que no lo es. Lo saben hasta en el Fondo Monetario Internacional (77). Por lo demás Keynes se refería a países, criticando el hecho de que todos estuvieran en condiciones de hacer lo mismo, p.e. en términos de *desarrollo*. Con todo, Keynes abrazó otras falacias, como veremos más adelante
[14] El positivismo es una corriente o escuela filosófica que afirma que el único conocimiento auténtico es el conocimiento científico, y que tal conocimiento solamente puede surgir de la afirmación de las teorías a través del método científico (Fuente: Wikipedia).
[15]Exiliado a los Estados Unidos en ocasión de la segunda guerra mundial
[16] No me gusta nada la traducción, pero no encuentro otra mejor
[17] Sí, este Philips es el mismo de la curva de Philips inflación-paro. Tal vez provenga de ahí la tradición en dinámica de sistemas de la LSE, personalizada ahora por la aparente soledad de David C. Lane en el departamento de investigación operativa y Eve Mitleton-Kelly en el Complexity Research Programme.
[18] Cuando no se conocen las relaciones de causalidad, o son irrelevantes para el análisis, es posible emplear herramientas que analizan series temporales de valores, como es habitual en econometría y meteorología.
[19] Se conocen otros reguladores más antiguos, y mucho más antiguos. Pero el regulador de Watt fue del primero del que se establecieron sus ecuaciones diferenciales, aunque varias décadas más tarde.
[20] Gracias a Margarita Mediavilla por este dato; yo creía que el padre era James Watt, pero por lo visto fue solo el que supo vender mejor su invención
[21] La condición suficiente de estabilidad para un sistema lineal es que la parte real de todas las raíces del polinomio del denominador de la *función de transferencia* del sistema sea negativa
[22] En ingeniería se le denomina sistema *tolerante a fallos*
[23] Gracias a Juan Carlos Gasalc por arrojarme luz sobre esta imagen y darme a conocer a los László y el Club de Budapest
[24] Se entiende por sistema termodinámico aislado el que no intercambia nada en absoluto con el exterior, por sistema cerrado aquél que sólo intercambia energía con el exterior, y por sistema abierto aquél que intercambio materia y energía con el exterior.
[25] Salvo que el sistema haya sido diseñado de forma que sea redundante o tolerante a fallos
[26] Atención a no confundir el equilibrio de un sistema en equilibrio con el equilibrio termodinámico
[27] Energía y sociedad: la relación entre energía
[28] Entropía: popularmente, una medida del desorden. Pero esta imagen tiene detractores (78)
[29] Sin embargo, en los libros de texto de economía que engullen los estudiantes se sobreentiende que los recursos naturales no constituyen un factor limitativo (79)

Post Scriptum. El día de hoy es especial para mi como catalán. Desde aquí me uno al llamamiento general de autoinculpación. Así, yo también me inculpo de haber

desobedecido al Tribunal Constitucional por haber apreciado como legítimo el llamamiento democrático presentado por mis gobernantes y haber ejercido el derecho al voto que me propusieron.

2. La visión sistémica – 2.2: Estabilidad y equilibrio

24/12/2014 por Ferran P. Vilar

"La crisis consiste precisamente en el hecho de que lo viejo va muriendo mientras lo nuevo no puede nacer todavía: en este interregno pueden ocurrir fenómenos mórbidos del más variado tipo." – Antonio Gramsci, 1930

Estabilidad y sus umbrales



Índice de la serie y enlaces

Cuando un sistema realimentado es expresado matemáticamente atendiendo a las funcionalidades de sus componentes – haciendo abstracción de su composición concreta, por no ser necesaria – y a sus interacciones, es posible observar la (eventual) existencia de distintos estados de equilibrio que le son propios, a los que tiende de forma natural[1].

Ocurre que *sólo* con la formulación matemática de la dinámica de sistemas es posible calcular los estados estables de cualquier sistema realimentado (técnico, económico, climático, energético, social, etc.). Y *sólo* con la dinámica de sistemas es posible saber cuáles son las *condiciones de estabilidad*, y cuantificar la intensidad máxima de perturbación que puede soportar un estado estable antes de resultar desestabilizado – situación llamada *colapso* en ciertos contextos[2]. La dinámica de sistemas muestra cuáles son las (a menudo terribles) consecuencias de la pérdida de estabilidad… y buena parte de la tarea de un ingeniero consiste precisamente en estabilizar los sistemas.

Al desestabilizarse, los sistemas adquieren *vida propia*, y realizan unas trayectorias propias. Sólo una intervención decidida – capaz de alterar, a veces radicalmente, su propia configuración – empleando las herramientas de la *teoría de control*, basada en la dinámica de sistemas (80) permite, en ocasiones, mantener la estabilidad y la funcionalidad del conjunto. Y muy importante: siempre que se haga *a tiempo*, pues la

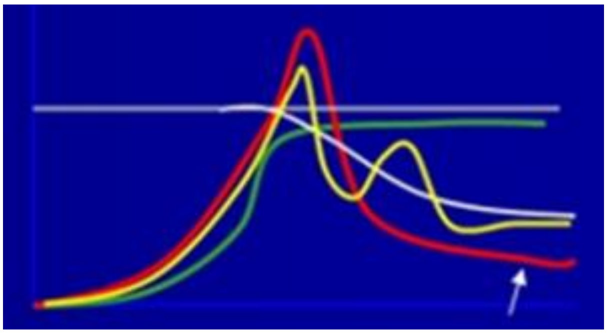
existencia de retardos e inercias, algunas insalvables, limita severamente las posibilidades de intervención.

No todos los estados imaginables de un sistema son posibles (por ejemplo, usted no puede recorrer 100 km en una hora si su velocidad media máxima es de de 50 km/h), y no todos los estados posibles son estables[3]. Cuando un sistema se encuentra en situación de estabilidad se dice que se encuentra en *régimen estacionario*.

¿Cómo se transita de un estado estacionario a otro? Pues aplicando una perturbación (a veces basta con el mero *ruido interno*) que se denomina *entrada* del sistema. Cuando esta perturbación es de intensidad superior al *margen de estabilidad*, superando así el denominado *umbral de estabilidad* del sistema, éste cambiará de estado. El tiempo durante el cual un sistema evoluciona acomodándose a un estado estable se denomina *régimen transitorio*. Es transitorio porque no es permanente, pues las leyes físicas que le permiten haber alcanzado esa *vida propia* (activada por la termodinámica o por la gravedad) impiden que, sin intervención exterior, y a menudo a pesar de ella cuando no se actúa a tiempo, el proceso pueda detenerse en algún punto intermedio. Por otra parte, ese tránsito no tendrá lugar de cualquier manera, sino en base a unas trayectorias determinadas por unos *modos de funcionamiento* propios e inherentes a cada sistema. Típicamente el sistema, en su recorrido, puede presentar oscilaciones (cuya amplitud no sólo vendrá limitada por la energía disponible, sino también por el tamaño de las *acumulaciones*), de forma que exhibirá ciclos característicos.

Dirk Helbing, del departamento de gestión del riesgo del centro tecnológico ETH Zürich, describe en Nature cómo, en los sistemas sociotécnicos, la desestabilización de un estado estable viene favorecida por un tamaño y densidad crecientes, así como por la reducción de redundancias debida a los intentos de ahorro de recursos – lo que disminuye los márgenes de estabilidad. También un ritmo excesivo de innovación es considerado como un vector posible de inestabilidad, por el peligro de crear *unknown unknowns*[4] (81).

Consecuencias de pasarse de vueltas



Respuestas de un sistema cuyos límites se han superado (Imagen: Universidad de Valladolid)

Cuando en un sistema no lineal se superan sus límites es posible demostrar matemáticamente que el colapso es de todo punto inevitable. Certeza matemática, como

en el Titanic. Se pueden entonces dar las dos siguientes circunstancias, que pongo en boca del grupo de energía y dinámica de sistemas de la Universidad de Valladolid:

“Si se sobrepasan los límites temporalmente, es inevitable el colapso (línea roja) o la oscilación (línea amarilla), en general además se deteriora el límite y éste disminuye al aproximarnos al límite y sobrepasarlo (oscilación decreciente).” (82)

A saber que ésta es una propiedad universal, se cumple siempre, en cualquier circunstancia una vez superados los límites. Es una certeza matemática[5]. Como veremos más adelante, lo único que podemos hacer, y sólo si lo hacemos a tiempo, es insertar un elemento de control para intentar el denominado *declive gestionado (managed decline).*

El asunto podría ser más moderado si se actuara a tiempo pues en ese caso, según LLDC:

“La extralimitación y la oscilación sólo pueden ocurrir si el medio ambiente sufre un daño insignificante durante períodos de sobrecarga y logra repararse por sí mismo con la rapidez suficiente para recuperarse plenamente durante períodos de menos carga.” (83)

La importancia clave de los retardos

Una de las prestaciones de mayor interés en dinámica de sistemas es la inclusión y tratamiento de los retardos. Esto es muy importante, pues la existencia de los retardos en los lazos de realimentación es uno de los fenómenos que permite la posibilidad de extralimitación.



¡Tiempo!

Por ejemplo, en economía estándar se supone que los mercados conforman los precios de forma muy rápida, virtualmente instantánea, si bien en la realidad está claro que no es así. Desde que se toma una medida de política económica hasta que surge algún efecto pueden transcurrir años. Desde que se emite un chorro de CFC a la atmósfera

hasta que manifiesta la totalidad de su afectación a la capa de ozono pueden pasar décadas. Lo mismo para las emisiones de CO_2 respecto a la temperatura (84). Este efecto tiene como consecuencia que tardamos mucho en enterarnos de lo que vaya a ocurrir, lo veamos tarde, con lo que las emisiones siguen aumentando y otras dinámicas comenzándose a manifestar.

Desde que decido apostar por energías no fósiles hasta que consigo – si es que ello fuera posible[6] – sustituir toda la energía de origen fósil por fuentes alternativas serían necesarios muchos años, décadas de hecho, por mucha economía de guerra que fuera posible instaurar[7], como mostraron en 2011 Antonio García Olivares y otros (85). Tampoco se sustituye de la noche a la mañana un parque ingente de centrales térmicas para generación de electricidad, pues el hecho de cerrarlas antes del término de su vida útil supone un coste económico imponente. Es el efecto *lock-in* (86), o de fijación. La inercia socioeconómica supone una limitación muy importante en nuestra capacidad de reacción (87,88), aunque a menudo se magnifica como demuestra la rapidez inaudita con que fue transformada la General Motors en fabricante de material militar (89).

Último ejemplo cotidiano. Mi tiempo de reacción frente a un imprevisto en la conducción es mucho mayor con unas copas de más que en condiciones normales de sueño y alimentación. Luego la velocidad a la que puedo circular con el mismo nivel de seguridad es mucho menor. Por eso se recomienda no conducir bebido, pues además uno no suele darse cuenta de su condición reducida hasta la mañana siguiente. Otro retardo.

Pero hay una forma de alterar este estado de cosas, e intentar que un sistema se comporte de una forma distinta a la que le resulta inherente: insertar un *controlador*.

Diseñar controladores, un baño de realidad

En ingeniería, un controlador[8] es un dispositivo físico (material) o lógico (software, con su necesario soporte material) que, insertado adecuadamente en el sistema[9], provoca que el funcionamiento del conjunto responda de una forma previamente definida. Por ejemplo un controlador permite que la velocidad de rotación de un motor sea proporcional a la posición de un botón de mando. También permite la operación de un freno ABS, que incorpora un dispositivo que examina cada pocos milisegundos si la rueda se va a bloquear, con el fin de soltar algo de presión para que no ocurra. Al incluir un controlador en un sistema le hacemos cumplir un objetivo predefinido, le otorgamos un propósito, una función. Esto lo hace todo ingeniero al diseñar un dispositivo, una máquina o un proceso. No se trata sólo de un proceso matemático deductivo, sino que requiere un cierto arte[10]. En el terreno social también es posible hacerlo, como veremos.

Pero no todos los sistemas son controlables. Para empezar es preciso que sean observables. En todo caso las aportaciones externas al control del sistema son limitadas, no existen siempre y, si existen, difícilmente permitirán siempre hacer todo lo que nos gustaría. El análisis de qué sistemas de control son posibles se convierte, en definitiva, en un baño de realidad. Sirve para ver qué puedo conseguir, qué puede ocurrir en el futuro en un sentido predictivo. También, y muy importante y a menudo decisivo, para darse cuenta de lo que ***no*** es posible que ocurra de ninguna forma.

Ahí reside precisamente el cambio de paradigma científico – en el sentido de Kuhn (90): un sistema tiene *propósito*, implícito o explícito, cosa impensable desde el paradigma clásico. Es teleológico, como si fuera empujado desde el futuro. Si a usted esto le chirría intelectualmente es que no conoce bien el nuevo paradigma. No le estoy hablando de nada esotérico: al fin y al cabo, una máquina ha sido diseñada y funciona con propósito (91). Sólo le estoy sugiriendo que se esfuerce en añadir esta perspectiva y que adapte el marco de validez del reduccionismo a esta nueva realidad constreñida. No debe destruir del todo el anterior; bastará con que lo resitúe, y estará así en condiciones de identificar y evitar el 'efecto túnel', un *sesgo de observación* bien descrito por Piet J. M. Verschuren en su trabajo *Holism versus Reductionism in Modern Social Science Research*[11] (92). Esta nueva perspectiva le servirá, no para limitarle sino, muy al contrario, para ampliar sus horizontes mentales.



Sala de control de una central nuclear (Imagen: Tecnatom)

Revolución científica, cambio de paradigma… palabras mayores que sugieren una brusca recomposición en la forma de acercarse científicamente a la realidad, la mejor de las maneras posibles. Pero no. Todo esto ha ido ocurriendo en relativo silencio, desde el siglo XVII, en el terreno de la ingeniería primero, de la biología y los ecosistemas[12] después y comienza ahora, todavía tímidamente, a aplicarse a la economía tras muchos años de ostracismo (93). No ha sido hasta el año 2000 cuando, en relación al *Sistema Tierra* (Earth System), la aplicación de esta metodología ha sido denominada, no sin cierta pomposidad, la *nueva revolución copernicana* reconociendo que, en el fondo, nos enfrentamos a un *problema de control* (94,95). Cierto, si bien de *control revolution* ya se había historiado en los años 80 (96), y había comenzado a principios del siglo XX, y no del XXI. Con todo, parece que sigue resultando una senda difícil de recorrer en el terreno económico, tal vez por ausencia de los incentivos pertinentes (97).

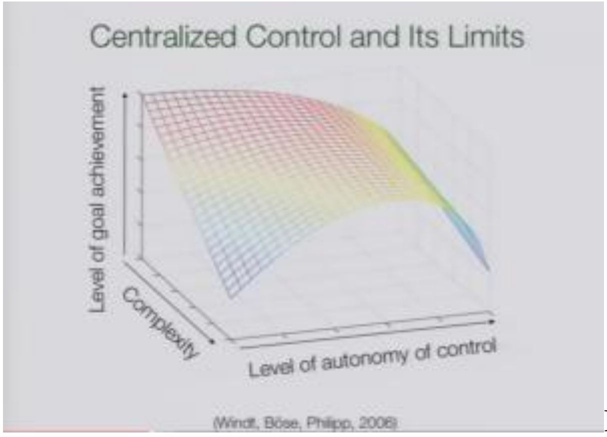
Entretanto nosotros, sin saberlo, un poco a ciegas, íbamos definiendo e insertando *controladores* que, en el terreno social, adoptaban formas distintas: sistemas políticos, organismos de gestión, gobiernos, etc. Un concepto importante respecto a los controladores es el *acoplamiento adecuado*, sin el cual el sistema no ejercerá la función deseada. Veremos más adelante cómo pueden existir controladores (sociales) poco visibles que facilitan *objetivos implícitos*, la importancia de identificarlos correctamente y la posibilidad de usarlos a nuestro favor.

El pensamiento sistémico es pues una herramienta que ofrece muchas claves de nuestro sistema operativo y de la existencia misma. Nos enseña porqué hay unos estados que

son posibles y otros resulta que no lo son, por muy deseables que éstos sean. Pueden conocerse con cierta anticipación, tal vez controlarse. O no, o ya no.

Una de las autoras de LLDC estableció en 1999 una jerarquía general de modos de intervención en un sistema bien sea de ingeniería, social o una combinación de ambos, con el fin de controlarlo, y válido en principio para cualquier sistema. Definió diez *leverage points*, puntos de apalancamiento, de intervención, en un texto que ha sido adoptado desde los ingenieros hasta los filósofos (98). Van desde lo más sencillo, a saber, el ajuste incremental de parámetros, hasta la reconfiguración paradigmática revisando entonces cuáles son los objetivos, las estructuras (de poder, por ejemplo), las reglas y la cultura. La posibilidad de subversión comienza a aflorar (99). Y más que aflorará, pues otros han complementado estos puntos de una forma digamos más práctica. Lo veremos hacia el final.

Una prevención para concluir esta sección. A la vista de lo expuesto, uno puede tener la tentación de creer que la adopción de la perspectiva sistémica puede conducir al control social, y que este control debe ser necesariamente centralizado y global (100). De ahí a creer que, al defender la validez de este enfoque, soy un enviado secreto de la ONU o un entusiasta de la planificación central hay pocos pasos que algunos estarán deseando recorrer.



Pero es que no es así. Es posible demostrar matemáticamente que las estructuras jerarquizadas, muy rígidas y poco diversas, orientadas a la eficiencia como criterio principal, son esencialmente frágiles y de comportamiento poco previsible (101). Un ejemplo paradigmático es la antigua Unión Soviética, que se vino abajo poco menos que de la noche a la mañana sin que, aparentemente, nadie hubiera previsto ni el momento ni las circunstancias en que se produjo. Es posible contemplar las dictaduras, y en particular la soviética, como un sistema en lazo abierto, sin realimentación desde la base y por tanto rudimentario, que se pretendía mantener bajo control desde la cúspide. No funciona, por lo menos a medio plazo.

De hecho, las configuraciones en red, diversas y flexibles, son mucho más robustas (y políticamente atractivas, me permito añadir). Tanto en general como, por ejemplo, en la gestión de los recursos naturales (102) o en la estabilidad del sistema financiero (101). En este aspecto erró, a mi entender, uno de los autores de LLDC, Jørgen Randers, cuando sugirió en 2000 la necesidad de un *dictador mundial benevolente* a la vista de la dificultad de ponernos todos de acuerdo (103). Erró en el terreno comunicativo, y también en el matemático.

En la próxima entrada veremos hasta qué punto nuestros sentidos y nuestro conocimiento están evolutivamente preparados, o no, para la percepción sistémica. Y qué consecuencias pueden acarrear nuestras eventuales limitaciones perceptivas.

Examinar referencias

Notas al pie

[1] Empujado por las leyes de la termodinámica
[2] Según la RAE, un colapso es una "Destrucción, ruina de una institución, sistema, estructura"
[3] No todos los posibles son deseables, cabría añadir
[4] Unknown unknowns ≡ consecuencias impredecibles
[5] Puede ver otras propiedades de los sistemas no lineales en la ref. 699
[6] Ya le adelanto que no lo es, ver más adelante
[7] Dice Jorge Riechmann: "¿Por qué le llaman economía de guerra cuando quieren decir ecosocialismo?" (104)
[8] En rigor, el término correcto en lengua castellana es *regulador*, aunque ha acabado triunfando la variante inglesa derivada de *controller*
[9] *Proper coupling*, o acoplamiento adecuado
[10] Ubicación del sistema de control, insertar polos y ceros… (por ejemplo, 105)
[11] Holismo versus reduccionismo en las ciencias sociales modernas
[12] Recuerde que es posible conceptuar la civilización como un ecosistema

2. La visión sistémica – 2.3: De contornos y sostenibilidades

26/12/2014 por Ferran P. Vilar

"La poca gente que hay peligrosa en el mundo es la que no reconoce límites; la que ve las fronteras como humo, lo prohibido como niebla, los finales, si mucho, como punto y aparte." José Viñals[1]



Viñals sugería entonces que hay poca, pero en realidad la gente que no conoce límites es ahora mucha, demasiada. La mayoría somos todavía

unos adolescentes desde el punto de vista civilizatorio, desde luego como conjunto, y no hemos encontrado todavía el encaje correcto con la *civitas* medido en equilibrio entre bienestar personal, bienestar de los demás y respeto por la casa común. El 'sin límites' se ha convertido incluso en un reclamo cultural promovido por la publicidad, la política y la economía.

La importancia del contorno

En términos de dinámica de sistemas es muy importante y del todo fundamental elegir adecuadamente el contorno del sistema que se examina, su frontera, cuáles son los límites del universo bajo estudio (106). Desde luego hay que conocer cuáles son las características de este contorno y cómo éstas, a su vez, evolucionan con el tiempo (si lo hacen). Un ejemplo sencillo: ¿se ha preguntado alguna vez cuál es la velocidad media de su vehículo (si lo tiene)? Supongamos un automóvil medio. En primera instancia, usted dividirá la distancia recorrida por el tiempo empleado en recorrerla. Lo normal.

Pero también algo miope. ¿Qué ocurre si al denominador añade usted el tiempo empleado en obtener el ingreso que le permitió comprar el coche, le permite mantenerlo y adquirir el carburante, etc.? Convendrá conmigo en que es interesante tenerlo en cuenta, y que lo más seguro es que hasta ahora usted lo haya omitido o haya pensado poco en ello. Pues bien. Si tomamos valores medios de todas las *variables de estado* del sistema que estamos considerando (salario, precio y duración de vida del vehículo, mantenimiento, consumo, distancia recorrida, etc.) resulta que la velocidad media de un coche medio de una persona media es muy parecida a la de una bicicleta. Es lo que el obispo y filósofo Ivan Illich denominaba *contraproductividad*[2] (107). Y es que no hay milagros. Otra cosa es que usted prefiera tener coche, lo que es muy lícito, como lo es que le encante trabajar. Pero esta ya no es una cuestión física: el coste es el que es, y siempre se puede expresar en términos físicos.

De forma general, cuando se habla de costes ocultos, emisiones ocultas, y otras sorpresas, es que no se ha establecido correctamente el contorno del sistema. No es que estén ocultos, es que el dominio de análisis está reducido, no abarca todo lo que interviene. No hemos puesto las luces largas, o éstas no alcanzan lo suficiente. Este error es típico, y mucho más fácil de cometer, incluso inadvertidamente, desde la óptica *bottom-up* que desde la perspectiva holística *top-down*.

Si amplía usted según qué otros dominios de según qué otros sistemas podría llegar a darse cuenta de que la economía mundial, nuestro funcionamiento actual como conjunto, como sistema, se asemeja mucho más a un timo piramidal, a un esquema Ponzi (108), que a un vehículo de la premisa fundamental de la modernidad con que la mayoría de nosotros funcionamos, según la cual *el progreso siempre va a más* (109). Sabemos que los esquemas piramidales se rompen cuando, por exigencias del entorno, no pueden seguir creciendo.

No es que los costes estén ocultos, sino que el dominio de análisis está reducido, no abarca todo lo que interviene. Y es que esta visión holística, general, de la dinámica de sistemas, tiene un punto (de nuevo) subversivo: amplía la perspectiva de maneras que podrían resultar incómodas a algunos poderes, que pueden considerar amenazante que el común perciba la realidad con tanta amplitud.

Pero vayamos por partes.

¿Contorno, frontera, entorno, medio ambiente?

Cuando hablo de contorno de un sistema, de frontera, en el contexto por ejemplo del sistema económico, me refiero a lo que en inglés se conoce por *boundary*, pero que a menudo se denomina *environment*. Casi siempre este término se traduce por la expresión *medio ambiente*. Pensar en medio ambiente e invocar el ecologismo es casi un automatismo. Y pasar del ecologismo a ciertas caracterizaciones parciales del movimiento ecologista es una misma cosa para muchos, un reflejo que nos ha sido inculcado. Así que, entre nosotros, procuraremos huir de connotaciones que despistan y le llamaremos indistintamente *entorno físico o biofísico*.

En realidad los sistemas están formados, en general, por subsistemas, y éstos a su vez por otros subsistemas… Los sistemas forman capas, entre las que se pueden establecer jerarquías. Cuanto mayor sea el nivel al que se encuentra, su dinámica suele ser más lenta y su control más oneroso y requerir mayor anticipación. Sigue siendo importante recordar que el tratamiento matemático lógico-deductivo es el mismo a cualquier nivel, a cualquier dinámica, lenta o rápida.

Uno puede circunscribir el análisis a cualquier nivel de la jerarquía siempre que el resto del sistema esté adecuadamente definido en lo que se denominan las *condiciones de contorno*. El error fundamental de los excesos del reduccionismo que encontramos con tanta insistencia en economía (y también en el IPCC) es suponer que ese contorno no existe. O que sus características no cambian con el tiempo. Esto significa que no se pueden hacer modelos matemáticos al tuntún sin tener en cuenta esos límites.

Uno no puede montar un aparataje matemático-formal alucinante, como hacen los economistas *mainstream*[3], y dar por supuesto, por ejemplo, que tendrá siempre toda la energía que le dé la gana para hacer todo lo que se le ocurra. O que la dificultad de acceso a la energía no va a variar. De la misma forma tampoco puede creer impunemente que la obtención de ese *cualquier* nivel de energía o no va a costar nada o va a costar siempre lo mismo. Así, el concepto de *tasa de retorno energética* (TRE), concepto que definiré más adelante, es algo completamente desconocido en los modelos económicos al uso a pesar de constituir no ya un parámetro clave, sino probablemente la más decisiva de todas las variables que definen las posibilidades de una civilización. Los modelos que emplea la *environmental economics*, de base neoclásica, son modelos de demanda: la energía es infinita, todo me es permitido[4]. En estas condiciones sus resultados no son pues creíbles, o lo son sólo bajo la condición de que la TRE sea fija, contra la realidad. Por tanto, todo acaba resultando ser un cuento de hadas con apariencia de reflexión sesuda y sagaz. Una fantasía que, cuando uno la descubre, le resulta increíble haber estado tanto tiempo en esa oscuridad, que eso constituya la base de la política mundial y que tanta gente se la crea.

Claro que la actividad económica lleva como contrapartida cierto grado de deterioro del entorno biofísico, siendo la acumulación de gases de efecto invernadero un efecto poco visible, pero el más grave. Pero aquí estamos hoy interesados no tanto por estos residuos de la actividad, que siempre procuramos alejar de nuestra vista todo lo posible sino, principalmente, por las limitaciones *a la entrada* del sistema socioeconómico. Mejor dicho: de su fuente de alimentación. Pues, como veremos, son éstas las primeras

en aparecer, en manifestarse, en producir efectos indeseables que puedan alterar radicalmente, realimentación mediante, el comportamiento del sistema. Se trata de la dificultad creciente, y por tanto coste – económico y energético – creciente, de acceso a los recursos minerales. De casi todos pero, más que nada, y en primer lugar, los energéticos. Y singularmente del de mayor calidad: el petróleo.

Otro límite no considerado en los modelos al uso consiste en suponer que la escalabilidad de las posibles soluciones es también infinita, o por lo menos indefinida. Si un aerogenerador me da 2 MW, puedo poner decenas de millones y me basta con una multiplicación y algunas correcciones en función del factor de carga. Nanay. ¿A que el molino diez millones no está en un lugar tan adecuado como el primero? ¿Y el cien millones? ¿A que es inútil? Es que son economistas, no ingenieros. O eso dicen ufanamente. Un investigador afiliado al MIT acaba de publicar en la académica *System Dynamics Review* un *paper* donde desarrolla una metodología para verificar si el contorno contemplado es, efectivamente, correcto para el horizonte temporal bajo análisis (110). Por favor, examínenlo.

Como iremos viendo, sobretodo al final, esto de la dinámica de sistemas tiene un cierto aroma revolucionario. Pero tome nota por ahora: una de las ideas base, el '*critical systems thinking'*, es precisamente la crítica al contorno, su cuestionamiento permanente, ver si se ha mirado lo bastante lejos. Y ello como base de una sociedad capaz de tomar mejores decisiones.

¿Qué tipo de economista es usted?

Hablando de economía. ¿Usted qué cree? ¿Que el sistema socioeconómico está contenido en el entorno biofísico y es limitado por él (es su contorno)? ¿O que el sistema socioeconómico lo engloba todo, y abarca también al entorno biofísico y a la Tierra misma – y a la Luna y Marte, donde, por cierto, pronto será posible hacer negocios? Si ha respondido afirmativamente a la segunda proposición es usted un economista ortodoxo, *mainstream*, un antropocéntrico radical (111), que podría incluso albergar alguna dosis decorativa de heterodoxia utilitaria que le venga bien para ampliar mercados relacionales. Permítame que le sugiera que vaya con cuidado, porque si lleva esta lógica demasiado lejos (y ya lo está usted haciendo), corre el riego de verse a sí mismo como nutriente. Y ahí hay peligro de canibalismo o autofagia. Estaría usted deteriorando su propio capital humano. Pues con el 'capital natural' ocurre algo similar.

Pero si le parece más razonable lo primero que lo segundo usted, aunque no lo sepa, piensa como algunos, por ahora minoritarios, economistas *ecológicos* (de la escuela 'heterodoxa' *ecological economics*, y no todos). En este caso, al analizar la posible evolución de la economía, convendrá conmigo en que deberá contar con las limitaciones que le impone el mundo físico y biológico. Desde tres puntos de vista, por lo menos.

El primero reside en la mayor o menor dificultad de acceso a los recursos minerales y energéticos. Suponen los economistas que la energía, que para ellos no es otra cosa que una mercancía más, simplemente se obtiene cuando se necesita. Quiero hacer algo y lo hago. Que si hubiera escasez aumentaría el precio – Milton Friedman dixit (112) – y que si ese precio subiera demasiado la fuente de energía en cuestión sería sustituida por otra y, si no existe, por otra cosa. Se supone que cualquier otra cosa, en base al aceptado principio de la total sustitutabilidad de Goeller-Weinberg (113).

Pues esta 'ley de mercado' resulta que no se cumple (por lo menos) con la energía – de hecho la ley de la oferta y la demanda no se cumple nunca en términos agregados multiproducto (114,115). No es así de ninguna de las maneras. Las señales de mercado son siempre cortoplacistas, y a menudo engañosas (116). Son intrínsecamente incapaces de reflejar la escasez futura de manera suficiente. Pero los economistas sólo miran precios y no física: "yo soy economista y no geólogo", dijo hace poco, sin calibrar las consecuencias (o le daban lo mismo), un economista pico de oro de nombre Gonzalo Escribano perteneciente al *think tank* español Real Instituto Elcano. Fue en ocasión de un debate sobre la creciente dificultad, y por tanto coste, de acceso a la energía[5], y la aparente contradicción con un precio del petróleo en descenso. Por cierto que Ugo Bardi, sin nombrarlo, describe magistralmente esa conferencia, que dejó atónitos a los presentes. Yo estaba ahí.

El segundo aspecto se refiere a las consecuencias del impacto de la actividad económica sobre el entorno físico, y a cómo esta afectación influirá, a su vez, en la actividad económica (lazo de realimentación). Es el caso del cambio climático. Finalmente, también le resultará imprescindible tener bien en cuenta la *capacidad de carga* del entorno, la resistencia al *stress* al que se somete ese entorno. Digamos el mundo entero en el caso que nos ocupa.

Esto último es muy importante, porque si estuviéramos usando más recursos que los que el planeta, junto a nuestra ayuda tecnológica, es capaz de generar, ello significaría que no estaríamos haciendo uso de los *intereses*, sino malgastando o deteriorando los *activos*. Una buena administración debería contar sólo con el devengo de los intereses y, si acaso, dejar el principal para situaciones de emergencia, pues de otro modo éste acaba por agotarse y por tanto cesa en su rendimiento. A esto nos referimos cuando decimos que estamos *tomando prestado del futuro*, con la salvedad de que no le podremos devolver nunca nada. Y con la certeza de que, como todo acreedor, acabará procediendo contra nosotros tarde o temprano.

Si es usted de los economistas ortodoxos ocurre que, o bien ignora olímpicamente todo esto y hace como si no existiera o, para quedar bien y parecer sostenible, mira de traducirlo a mercados y precios obviando todas las demás disciplinas (117) y contando con que, según estos profesionales, el futuro vale siempre menos que el presente[6] (118). Pero esto, que puede ser válido para la mente de las personas en términos de consumo a medio plazo, no lo es en absoluto en términos físicos, que son los que ahora nos ocupan.

Sostenibilidad ¿débil?

También la famosa idea de *sostenibilidad* es distinta en ambos casos según hayamos respondido a la pregunta original y por tanto elegido el sistema y su contorno. En un caso los límites son físicos, tangibles: estamos en el terreno de la denominada sostenibilidad *fuerte*, que tiene como base el sistema geo-físico-biológico del planeta. Sostenibilidad fuerte es aquella según la cual la actividad social y económica no debe extraer de la Tierra productos alimenticios, minerales o energéticos a un ritmo superior al que ésta, o nosotros, seamos capaces de regenerar, ni verter subproductos o residuos a un ritmo superior al que ésta, o nosotros, seamos capaces de reciclar.

Se trataría en este caso de alcanzar un *régimen estacionario* consistente en un equilibrio entre la capacidad de regeneración de los recursos y la de absorción de los residuos (119), que habría que acompasar. No es pues que no se pueda "contaminar" nada, sino que resulta permitido hacerlo mientras los sistemas físico-biológicos mantengan funciones básicas para nosotros y nuestros descendientes, entre ellas la de absorber y reciclar (con nuestra ayuda, energía mediante[7]) esos residuos y facilitar así la indefinitud de la vida humana sobre la Tierra en condiciones de civilización. Se trata simplemente de mantenerse dentro de los márgenes de *resiliencia* del sistema geo-físico-biológico, para lo cual es aconsejable no acercarse, y desde luego no superar, unos límites de los que apenas empezamos hoy a ser conscientes, singularmente la carga a la que sometemos al sistema Tierra los más de siete mil millones de consumidores compulsivos de energía que somos todos nosotros.

Esta definición de sostenibilidad es una obviedad, pero muchos se niegan a atenderla en estos términos. Pues cuando cambiamos el marco resulta que los límites ya no son físicos, sino mentales, metafóricos. Entramos entonces en el terreno de la sostenibilidad *débil*, la que emplean los economistas estándar – incluidos los de Naciones Unidas (120, ver también 121). En este caso, la definición es más rebuscada: *"el flujo descontado del capital natural más el capital económico debe ser constante en el tiempo"*. Así expresado, eso significa que me es permitido sustituir capital natural por capital económico a voluntad. Para ello hay que suponer previamente que el capital físico es virtualmente infinito, o que transformarlo a esta escala se hace sin contrapartida alguna, o que podemos prescindir de él sin consecuencias. También hay que suponer que podemos expresar su valor exclusivamente en términos de unidades monetarias, meterlo en el mercado y atribuirle valor de intercambio, cosa éticamente muy discutible y procedimentalmente falaz, que hasta los fundadores del capitalismo rechazaban (122). Esta definición le viene de perlas al status quo dominante, pues le permite seguir apoderándose del capital natural con el objetivo de convertirlo en monetario, y vender ese capital y no sólo su rendimiento.

Como vemos, en este segundo caso se trata de una construcción espiritual que se mide en billetes en lugar de, por ejemplo, tasas de regeneración de algo material. Ya el Informe Bruntland inauguró en 1992 (123) la senda de las definiciones *light* de sostenibilidad, promovidas por la influencia totalizante de la economía neoclásica y ahora keynesiana. Existen hoy en día ya más de 300 definiciones de sostenibilidad (124). Sería maravilloso si fueran compatibles, por lo menos las dos que he descrito. Pues no lo son en absoluto.

Y así el antiguo paradigma, que lleva a la sostenibilidad débil, sigue dominando explícitamente las facultades de economía, implícitamente los medios de comunicación y es adoptado como mantra desde los centros de poder e influencia, por mucha responsabilidad social corporativa (RSC)[8] que pretendan interiorizar y greenwashing[9] que exterioricen[10] vía agencias PR. Al final, cosquillas a nivel local. Y nada a nivel global.

En estas condiciones no le sorprenderá que a los sostenedores débiles les resulte aceptable que la temperatura media de la Tierra aumente lo que sea, mientras se esté en condiciones de compensar el daño causado con más producción – por ejemplo de protección. Éste es el núcleo del pensamiento economicista que nos gobierna, y las consecuencias a las que nos lleva.

Desacoplos mentales y termodinámicos sobre un globo

Había por lo menos otras dos suposiciones no explícitas, inconscientes y sin embargo necesarias, para dar por bueno ese antiguo paradigma todavía vigente y condicionante. Una consiste en creer que el crecimiento material del sistema puede proseguir indefinidamente, lo que es lo mismo que suponer que la Tierra es plana o que es como un globo que puede hincharse a voluntad. Esta suposición ha sido sucedida hoy en día por dos nuevos eufemismos, a saber, la *desmaterialización* de la economía, y el proceso conocido por *desacoplo* entre energía y actividad económica.

Desacoplarse de la realidad



Lo cierto es que nunca ha sido demostrado que estos inventos sean posibles (125,126), y si no se ha producido jamás a nivel global – desde luego no en términos de consumo energético per cápita en todo el siglo XX (127) – es porque la segunda ley de la termodinámica nos dice que no puede ser, y de una forma muy clarita. Por mucho que los economistas insistan en saltársela y en mostrar éxitos locales y temporales no lo van a conseguir. Si acaso se pueden realizar algunas mejoras de eficiencia técnica. No muchas ya a nivel global: han sido estimadas en el 1% anual a lo largo del siglo XX (128), y ello a pesar de todos los estímulos económicos posibles por la exigencia constante de máxima rentabilidad. Pero tienen además un límite teórico insuperable[11], según quedó bien establecido a finales del siglo XIX por Rudolf Clausius (129). Si uno quiere retroceder un poco más, para saber de dónde vienen las cosas, puede recordar que la palabra griega 'energeia' significa precisamente *actividad*. La energía es una medida cuantitativa de la actividad, real o potencial. De modo que separar, desacoplar ambos conceptos, estará bien como ejercicio mental y desiderátum. Pero nunca encontrará reflejo en la realidad, ni física ni económica. Es un brindis al sol, sólo comprensible por la forzada ausencia de la termodinámica de las facultades de economía.

La segundo suposición de base consiste en imaginar que lo que vertemos masivamente a la atmósfera, que además es invisible, no tendrá consecuencia alguna merced, por ejemplo, a las delicias del viento. Ello equivale a suponer que la altura de la atmósfera es infinita – o que las leyes de la mecánica cuántica y de la teoría general de sistemas no se cumplen con los gases de efecto invernadero. Ya he destacado que había una tercera suposición, más inconsciente todavía: que la energía neta disponible podría crecer indefinidamente, y que conseguirla se hace a un coste (energético) despreciable. A mí, durante muchos años, décadas, ni se me ocurrió pensar en todo esto. La disponibilidad de energía, y encima barata, se daba por supuesta, a cualquier nivel.

En economía (neo)clásica está ocurriendo lo mismo. Las premisas en las que se basaba, de ausencia de límites, ya no se cumplen. La respuesta epistemológica, corporativa, ha sido hasta ahora tener en cuenta algunos de ellos, pero empleando las mismas herramientas cuya validez resulta precisamente cuestionada por esos límites. Así nacieron la *resource economics* y la *environmental economics*, y es lo que ha llevado a englobarlo todo, naturaleza incluida, dentro de unas leyes que le son ajenas (111). Y también ajenas a más de medio mundo, que no acaba de identificarse con muchas de las premisas de la civilización occidental o por lo menos de su deriva durante las últimas décadas, las nuestras.

Pues resulta que ninguna de estas premisas se cumple ya, de modo que conviene revisar muchos razonamientos y conclusiones que se apoyaban en ellas, la teoría en suma. De hecho muchos economistas comienzan a preguntarse qué demonios ocurre que sus recetas no responden ahora como lo hacían en el pasado (130). Algunos, todavía pocos, comienzan a interesarse por esas escuelas económicas 'heterodoxas', aunque no den tanto dinero como las clásicas[12] (131) ni ofrezcan falsas soluciones milagrosas que todavía se cobra por pronunciar.

Y es que, según el sociólogo y teórico del capitalismo Max Weber:

"Todo 'logro' científico implica nuevas 'cuestiones' y ha de ser superado y ha de envejecer. Todo el que quiera dedicarse a la ciencia tiene que contar con esto. Ciertamente existen trabajos científicos que pueden guardar su importancia de modo duradero como 'instrumentos de gozo' a causa de su calidad artística o como medios de preparación para el trabajo. En todo caso, hay que repetir que el ser superados necesariamente no sólo es el destino de todos nosotros, sino también la finalidad propia de nuestra tarea común. No podemos trabajar sin la esperanza de que otros han de llegar más allá de nosotros, en un progreso que, en principio, no tiene fin." (132)

También a Weber, a pesar de su comedimiento, todo le parecía posible.

Un buen representante de estas escuelas económicas alternativas actuales es Herman Daly, teórico de la *economía de estado estacionario* desde los años 70 (133) que ya reclamaba John Stuart Mill en el siglo XIX (134) e incuso Adam Smith (135), y teórico actual de los tres límites al crecimiento (136). Daly lleva décadas denunciando la *growthmania*[13] (137,138), y señalando, incluso desde su puesto de economista senior del Banco Mundial en los años 90, que el crecimiento económico es, a partir de cierto punto, *ineconómico*. También denunciaba desde ahí que el *desarrollo sostenible* es una imposibilidad física (139).

Daly se apoyó en su día en las reflexiones de Karl William Kapp sobre el coste social de la empresa privada (140), y de Ezra J. Mishan sobre el coste del crecimiento económico (141). Pues cuenta que casi lo echan por intentar introducir estas majaderías en territorio adverso (142).

Vea qué fácil nos pone la economía este representante de la heterodoxia:

"La causalidad ocurre tanto de abajo hacia arriba como de arriba hacia abajo: lo material causa desde abajo, y la causa final desde arriba, como diría Aristóteles. La economía o, como prefiero denominarla, la 'economía política' se encuentra en medio, y sirve para

equilibrar la deseabilidad (el atractivo del propósito correcto) con la posibilidad (las restricciones de la finitud). Necesitamos una economía adecuada para propósitos en un mundo finito y entrópico.” (143)

De hecho en microeconomía se sabe bien que existe un tamaño óptimo, por encima del cual el rendimiento marginal es negativo. Pero esto no se está aplicando a nivel macroeconómico. ¿Por qué?

Los límites de los modelos económicos

Ocurre en los modelos económicos al uso como con las leyes de Newton. Pueden ir muy bien para las dimensiones tangibles, e incluso planetarias, pero pierden validez cuando uno se acerca a la velocidad de la luz o a lo muy pequeño.

Y es que todas las leyes comienzan a fracasar cuando se acercan a sus límites (las que los tienen). Las leyes de Newton, válidas para las dimensiones tangibles, debieron ser corregidas por Einstein cuando las velocidades se acercaron a las de la luz, y por los cuánticos cuando las dimensiones son extremadamente pequeñas. Las ecuaciones de estas dos teorías extremas se reducen a las de Newton cuando en esas fórmulas se provoca que las dimensiones sean las tangibles. ¿Le estará ocurriendo lo mismo a las leyes de la economía?

Volvamos a la dinámica de sistemas, muy centenaria, que hoy en día ha alcanzado una sofisticación casi inimaginable y cuyas ecuaciones, en muchos casos prácticos, sólo pueden resolverse con procedimientos informáticos avanzados – si bien en la actualidad suele bastar con un PC y un software de nombre Matlab. Pero a pesar de su longevidad y diversidad de ámbitos de aplicación, la dinámica de sistemas sólo se enseña en profundidad, hoy por hoy, en las facultades de ingeniería, y no en todas. La conocen en profundidad los ingenieros electrónicos, los ingenieros químicos e industriales especialidad ‘automática’[14] (los que más), algunos ecólogos teóricos en las facultades de biología, geólogos y, como veremos, unos pocos climatólogos, sociólogos e historiadores singulares. También muchos gestores de organizaciones, que la aprenden en las escuelas de negocios como herramienta de apoyo a la toma de decisiones mediante simuladores ad hoc.

Pero nuestra comprensión intuitiva del pensamiento sistémico parece ser difícil, pues al parecer padecemos limitaciones perceptivas fundamentales. Las veremos en la próxima entrada.

Examinar referencias

Notas al pie

[1] Padreoscuro, de José Viñals (1998) – Citado en Sociología y medio ambiente, de Jorge Riechmann y Joaquim Sempere (2000) (144)
[2] Es más, algunos autores consideran que el punto de más alta de la eficiencia en el transporte tuvo lugar en los Estados Unidos en los años 1960 (145)
[3] El neokeynesiano Paul Krugman y otros sostienen que la pasión por *solo* las matemáticas, ‘confundiendo belleza con verdad’, es lo que impide avanzar a la disciplina (146). Pero por su parte acaba cayendo en otros errores equivalentes
[4] Bueno, no todo, ya me entiende.
[5] Me refiero al coloquio que siguió a la conferencia que impartió Gonzalo Escribano en el II Congreso

Internacional del Pico del Petróleo, el pasado mes de octubre en Barbastro (Huesca). Escribano, para más inri, es director del programa de energía y cambio climático del think-tank Real Instituto Elcano
[6] Descuento del futuro que asocian con el interés bancario, con el que aseguran valorar *objetivamente* el futuro en menos que el presente.
[7] El reciclado indefinido es una imposibilidad termodinámica, y con el tiempo muchos materiales acabaran completamente dispersos (147)
[8] Responsabilidad social corporativa
[9] Greenwashing: publicidad o acciones empresariales que aparentan un comportamiento ecológicamente responsable mientras ocultan el daño producido
[10] Es interesante observar que Eduardo Montes, actual presidente de UNESA (las eléctricas), fue el fundador en 2005, y primer presidente del Club de Excelencia en Sostenibilidad
[11] A pesar de que el rendimiento energético de la economía es altamente ineficiente. Por ejemplo, García Olivares ha calculado que, en los Estados Unidos, sólo el 13% de la energía neta se emplea en realizar trabajo (148)
[12]Para los ortodoxos, si no hay mercado para esas ideas, o éste es muy pequeño, señal de que no valen tanto como las que más se pagan. Ése es el código genético del liberalismo dominante. Que sólo mide con una unidad, ve mercados por todas partes, y les atribuye carácter decisorio
[13] Manía del crecimiento
[14] De ahí la credibilidad que merecen los trabajos de, por ejemplo, el Grupo de Ingeniería y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid.

3. Percepciones humanas de los sistemas naturales y económicos

27/12/2014 por Ferran P. Vilar

"Todo el que crea que el crecimiento exponencial puede continuar indefinidamente en un planeta finito o está loco o es economista." – Kenneth Boulding, economista (37)



Índice de la serie y enlaces

Un problema inherente a los sistemas es que la superación del umbral de estabilidad (a menudo irreversible, o reversible sólo con histéresis[1]) no tiene por qué presentar señal perceptible alguna. Dos ejemplos. El Titanic ya estaba técnicamente hundido algo antes

de que nadie viera el iceberg e intentara, infructuosamente, bordearlo[2]. Dada su posición y velocidad, su masa, su capacidad máxima de frenado, su radio máximo de giro, la resistencia mecánica de los laterales, la configuración interna del buque, etc., hubo un momento en que ya era imposible evitar el hundimiento, mientras pasaje y tripulación seguían de fiesta. Ése es el *tipping point* auténtico, el punto a partir del cual la vida propia del sistema convierte en inútil la mejor estrategia de los gestores más lúcidos. El sistema había dejado de ser controlable antes de avistar el iceberg, por lo menos en aras de la finalidad mínima deseada, como era mantenerlo a flote.

Por su parte, ni el colapso financiero de 2008 ni la recaída de 2011 no habían sido predichos por economista alguno, porque no analizaban el sistema financiero en términos de dinámica de sistemas[3] y porque, cuando se efectúan suposiciones que implican que un sistema se encuentra siempre alrededor de un equilibrio, es imposible que esa teoría sea capaz de predecir un *crash* (149). En los modelos económicos estándar el tiempo apenas existe – luego los retardos no se tienen en cuenta.

Ya ve usted cuánta energía fue necesaria para mantener el sistema a flote, cosa que entonces fue posible pero nada garantiza que lo sea de nuevo en el futuro, una vez debilitada la base de capital en la recesión anterior. Desde luego (tal vez) se hubiera podido evitar de haber intervenido a tiempo, con un daño mucho menor. Está claro que fue mucho antes cuando se superó el umbral según el cual la capacidad de retorno de la deuda total hizo entrar al sistema financiero en zona de inestabilidad (150) y provocaba su inevitable derrumbe salvo intervención masiva. Pero al no haberlo analizado mediante la teoría de sistemas nadie podía saber dónde se encontraba ese umbral fatídico ni cuándo iba a ser superado[4]. Llegó el colapso del sistema financiero, y el de la civilización fue salvado, in extremis, a base de inyecciones ingentes de dinero público y garantías a los inversores y mercados que rayan lo obsceno. Recordemos a este respecto las llamativas palabras del presidente de la reserva federal, Alan Greenspan, en el Congreso de los Estados Unidos en 2009:

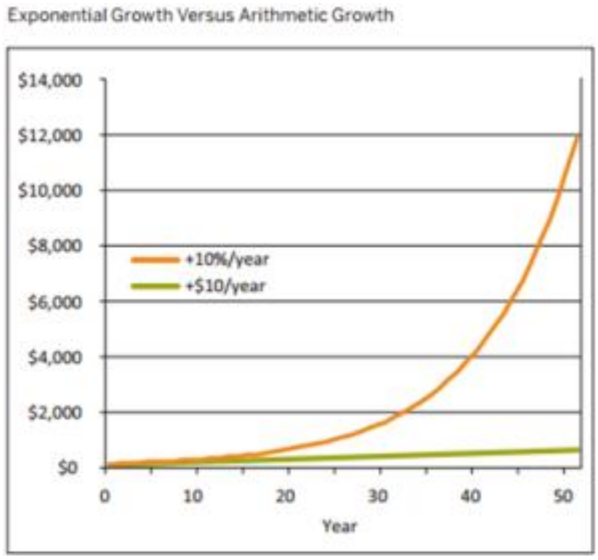
"Este moderno paradigma de gestión del riesgo funcionó durante décadas… Pero ***el edificio intelectual al completo se derrumbó*** en el verano del año pasado" (151) [énfasis añadido]



Mecachis

Más rebasamientos. ¿Nos dimos cuenta cuando, alrededor de 1980, fue superado el umbral en términos de huella ecológica humana? Qué va. Estábamos por otras cosas, pues precisamente el indicador de bienestar *Global Progress Indicator* era por entonces máximo a nivel global. Pues comenzó a descender a partir de entonces (152). Precisamente.

Y muchas más limitaciones perceptivas



Crecimiento exponencial frente a crecimiento lineal (proporcional). Nótese que al principio parecen iguales

El problema del pensamiento sistémico es que nos resulta muy difícil. No estamos preparados mentalmente, ninguno de nosotros.

Somos muy malos percibiendo conceptos sistémicos (153), incluso con nuestros propios modelos mentales (154). Somos especialmente malos en particular percibiendo las evoluciones exponenciales[5]. Veámoslo.

Imagine usted una hoja de papel cuyo grosor sea de una centésima de milímetro, menos que el papel de fumar. Usted lo dobla varias veces, muchas incluso. ¿Qué grosor tendrá el invento al cabo de 10 dobleces? Pues 1 centímetro ¿Y al cabo de 44? Lo normal, lo estándar, es que usted haya calculado mentalmente una cantidad que resulte estar muy por debajo del 10% del valor real (155). Porque si dobla ese papel 44 veces usted podría llegar a la Luna montado en el papel. Y si lo dobla 45, podría ir y volver (156).

Si el PIB mundial creciera, como muchos desean, al 3% anual, como se pretende y considera un éxito cuando se consigue ¿en cuánto habría aumentado la economía a finales de este siglo? Pues sería 16 veces la de ahora. O sea 16 veces más coches, más todo. Un crecimiento de *sólo* el 2,3% anual llevaría a la Tierra a la temperatura de ebullición de los mares al cabo de 400 años (157). ¿Realmente le parece a usted verosímil todo esto? Dese cuenta además de que, en términos exponenciales, algo que se duplique cada día tiene, el día antes de alcanzar el límite fatídico, un valor de sólo la mitad. Y parece que no pasa nada…

Log or Linear? Distinct Intuitions of the Number Scale in Western and Amazonian Indigene Cultures

Stanislas Dehaene,[1,2,3,4]* Véronique Izard,[1,2,4,5] Elizabeth Spelke,[5] Pierre Pica[6]

Science 320:1217-1221 doi:10.1126/science.1156540 (159)

También es estándar que usted no sepa diferenciar entre los exponentes (158), de modo que una evolución hiperexponencial le sugerirá poco más que una evolución lineal, proporcional. Para ello no hace falta ser ni economista ni loco, pues hay muy pocas personas que tengan una imagen mental correcta de la evolución exponencial o logarítmica. Algunas de ellas son indígenas (159), lo que sugiere la predominancia de un factor cultural. También parece que nuestros niños son algo más capaces que los adultos de aprehender correctamente ciertas dinámicas sistémicas, pero no mucho más (160). Encima tenemos la mala suerte de que los procesos exponenciales son, en sus inicios, casi lineales (proporcionales)[6], con lo que podemos confundirnos más fácilmente todavía creyendo que lo que queda por delante es igualmente proporcional en base a la experiencia adquirida.

No es solo la función exponencial lo que, en cuanto a dinámica de sistemas se refiere, confunde nuestros sentidos. Nos resulta además especialmente complejo ampliar los contornos del sistema (161), y creemos – erróneamente – que la respuesta va a tener un aspecto más o menos similar, o estará correlacionada, con la evolución del estímulo o perturbación (162-164). Por ejemplo, muchas personas creen de buena fe que al disminuir las emisiones de CO_2 va a disminuir su concentración atmosférica (165), lo cual es debido a una confusión entre flujos y acumulaciones. Esta confusión alcanza incluso a personas formadas y especialmente inteligentes (166, 167), que llegan a violar el principio de conservación de la materia incluso en situaciones muy simples (168, 169). En relación a los lazos de realimentación, nuestros ‘mapas cognitivos’ son generalmente erróneos (170, 171) – aunque no en todas las ocasiones (172). Y, muy en particular, y muy importante, no sabemos incorporar los posibles retardos del sistema (173), cosa que nos conduce a una actitud de *wait and see*[7] (174, 175). Esto provoca que, mientras observamos los efectos, decidimos qué habría que hacer, y lo hacemos, corremos el peligro de llegar demasiado tarde (176).

En economía se da por supuesto que el mercado corrige los errores individuales. Eso podría ser una salvación. Pero nuestro gozo en un pozo. No es así, por lo menos no de forma suficiente como acaban de demostrar una vez más en la irreverente escuela de negocios del Massachusetts Institute of Technology (MIT) (177).

Pobre sistema climático

Si un solo error sería ya suficiente como para errar cualquier estrategia, imagínese usted la confusión de nuestro cerebro y lo inadecuado de nuestras acciones cuando todos estos fallos cognitivos tienen lugar a la vez (178). Así, en ensayos realizados en el MIT, personas muy formadas, doctores incluidos, fueron invitadas a manejar un modelo del sistema climático de la Tierra, con el fin de determinar las mejores políticas de mitigación de emisiones. Un auténtico desastre (173), y además con malas perspectivas: se ha demostrado que el aprendizaje correcto es muy lento y poco definitivo (179).

Encima los participantes terminaban los ejercicios mucho antes del tiempo asignado, creyendo que lo habían hecho bien (180).

Estas limitaciones perceptivas, unidas a lo contraintuitivo de muchos comportamientos, aplican pues a prácticamente todas las edades y niveles de formación. Hasta hace poco no nos ha sido evolutivamente necesario desarrollar la capacidad de comprender el funcionamiento de sistemas realimentados no lineales (181, 182). Y ahora que lo necesitamos imperiosamente resulta que hemos ido demasiado deprisa, mucho más deprisa que nuestra capacidad adaptativa natural.

Algunas personas creen que esta conjunción de limitaciones perceptivas es la que realmente hace peligrar el futuro de la civilización, lo que estaría de acuerdo con la tesis de LLDC de que necesitaríamos mucho más tiempo del que tenemos disponible para darnos cuenta de cómo acontecen los fenómenos de fondo y actuar en consecuencia. Estoy bastante de acuerdo, en el sentido de considerar esta percepción una condición necesaria, pero no suficiente.

La ayuda insustituible de las matemáticas

Afortunadamente (o por lo menos) tenemos las matemáticas, que nos permiten expresar en ese lenguaje formal lo que resulta textualmente casi imposible y mentalmente confuso o contradictorio. El lenguaje y los mecanismos de la lógica deductiva, aplicados correctamente, son capaces de predecir la respuesta y evolución futura de un sistema bien caracterizado y enmarcado en condiciones de contorno bien definidas sometido a determinadas condiciones. Son los *modelos*, al fin y al cabo un conjunto de ecuaciones diferenciales simultáneas. Que sean resueltas a mano o que para ello sea necesario un método numérico con ayuda de un ordenador es secundario.

A la hora de establecer un modelo matemático de cualquier tipo es de una importancia capital tener bien clara la pregunta que queremos que nos responda. En el caso de LLDC, los autores afirman que la pregunta central al modelo World3 era:

¿Cómo van a interactuar la población mundial y la economía material en expansión con la capacidad de carga limitada de la Tierra y adaptarse a ella en los próximos decenios? (183)

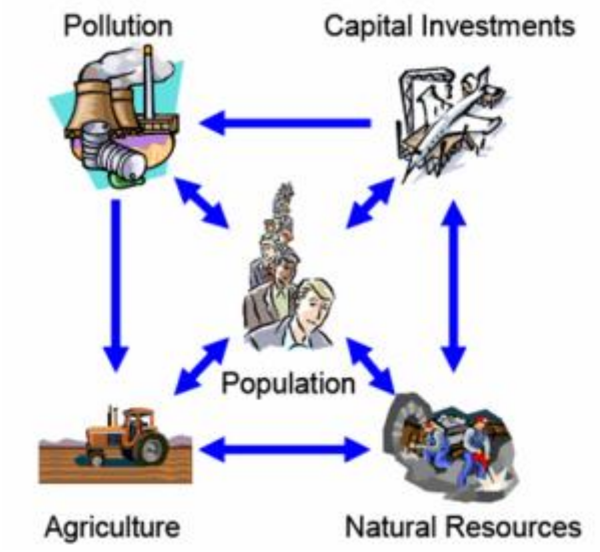


Diagrama esquemático de la interacción de las variables principales de Los límites del crecimiento (LLDC) (185)

Iremos viendo la respuesta a lo largo del texto.

¿Son estos modelos *dinámicos* capaces de predecir el futuro? Los de ingeniería, desde luego que sí. Pero en el ámbito socio-técnico la humildad intelectual, cierta filosofía de la ciencia y la prudencia que aqueja a (la mayoría de) los científicos les hace huir públicamente de la idea de predicción. Pero ellos saben que si, que, en gran medida, es posible efectuar predicciones muy acertadas.

"Essentially, all models are wrong, but some are useful[8]" (184)

Tienen por lema. Son útiles por lo menos para descubrir esos comportamientos contraintuitivos que nos confunden. De modo que, si están hechos con rigor, tendrán por lo menos una validez cualitativa. Para informarnos de por dónde van los tiros.

Pero ¿son fiables cuantitativamente? La respuesta estándar es 'no se sabe' pues, según hemos visto, todo modelo es una simplificación de la realidad (2ª acepción del término reduccionismo). Bueno, no se sabe hasta que ha transcurrido el tiempo y se puede examinar si las previsiones se corresponden con la realidad. El caso es que, si están bien hechos, aciertan.

Para salvar este dilema se recurre a decir que no hay predicciones, sino *escenarios* que son *hipótesis de comportamiento* y que, aplicados a la entrada del sistema-modelo, presentan un resultado en términos de evolución futura. Con el escenario 1 ocurrirá esto, si el escenario es el 2, ocurrirá esto otro. Lea lo de ocurrirá como una gráfica de evolución de una o varias variables en función del tiempo. De esta forma se refuerza la confianza en el modelo al tiempo que uno guarda la ropa no pronunciándose sobre el futuro de forma determinante. No les llame predicciones si le produce desasosiego; llamémoslas previsiones.

Una cuestión que suele suscitar polémica a este respecto se refiere al tamaño del modelo matemático, esencialmente el nivel de detalle que abarca y su resolución temporal. De

forma general, cuanto más detalle, y cuanto menor el intervalo temporal, mayor complejidad, mayor dificultad de resolución y aleatoriedad[9] de las soluciones. Por este motivo se procura simplificar al máximo posible que permita responder a la pregunta originalmente formulada.

La analogía del mapa

Lo más metafórico que he encontrado a este respecto es la analogía con un mapa. Según sea su escala tendremos mayor o menor detalle. Pero si se trata de viajar entre grandes ciudades por rutas principales sin duda nos bastará casi cualquier escala. Difícilmente nos vamos a perder y acabaremos llegando a nuestro destino. La escala de un mapa es a la realidad como el tamaño del modelo en dinámica de sistemas (¡es a la inversa en los modelos reduccionistas!). Con la ventaja no menor de que la exclusiva mirada 'desde arriba' permite que los grandes rasgos sean lo último en desaparecer, sin merma significativa de la calidad de la respuesta en la medida de que el propio método facilita enormemente el establecimiento del grado adecuado de generalización.

Aún sin expresarlo en estos términos, hay algún trabajo que, al preguntarse por la descreencia de algunos respecto a LLDC, filosofa comparando los modelos estándar de economía (econométricos, y básicamente correlacionales, orientados a producto y de reducción a los componentes) con los de dinámica de sistemas (físicos, causales, orientados a proceso y de reducción a la dinámica). He encontrado un texto de la facultad de ciencias sociales de la Universidad de Bergen que describe muy bien la diferencia entre ambos enfoques (185) de la que he tomado la imagen de la figura, que resume el modelo World3 de LLDC.

Examinar referencias

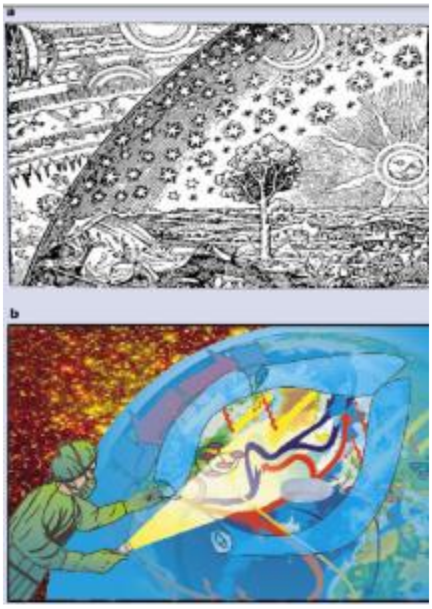
Notas al pie

[1] Histéresis: la vuelta al estado anterior, suponiendo que el sistema sea reversible, no se produce por la misma senda
[2] Algunos ingenieros afirmaron que tal vez no se hubiera hundido de haber chocado frontalmente con la masa de hielo. Atención a la metáfora.
[3] La primera noticia que tengo de un análisis sobre cómo manejar una crisis bancaria sistémica es un *White Paper* de (precisamente) octubre de 2008, realizado no por economistas, sino por gentes relacionadas con la sostenibilidad de la Universidad de California (101)
[4] Con dos excepciones, como veremos más adelante
[5] Se dice que una cantidad crece exponencialmente (o geométricamente) si aumenta a un porcentaje constante por unidad de tiempo. En otras palabras, el incremento por unidad de tiempo es proporcional a la propia cantidad, a diferencia de otros tipos de crecimiento (por ejemplo aritmético o logístico) (186,187)
[6] Esto es debido a que, cuando x es pequeño, $e^x \approx x$
[7] Esperar y ver
[8] Esencialmente todos los modelos están mal, pero algunos son útiles
[9] Fractalidad es un término más correcto

4: Aplicaciones de la dinámica de sistemas al sistema climático

29/12/2014 por Ferran P. Vilar

“Because they are atmospheric physicists.”[1]



Índice de la serie y enlaces

Cuando en el año 2000 Hans Joachim Schellnüber, probablemente el climatólogo europeo de mayor prestigio, publicó en Nature lo de la nueva revolución copernicana (188) ya se había identificado hacía tiempo el problema climático como un *problema de control* y establecido el interés de abordarlo mediante la ingeniería de sistemas, principalmente en Alemania a partir de los años 80 (189). Surgió de esta idea el modelo ICLIPS del instituto WBGU[2], una especie de híbrido que definía una *Ventana Máxima Tolerable* y cuyos límites eran, entre otros, los de la “La Creación” (190,191).

Así pues, como no podía ser de otra forma, la dinámica de sistemas ha encontrado aplicación en el terreno de la modelización del sistema climático de la Tierra. Pero la causación hacia arriba y la causación hacia abajo no acaban de encontrarse, aunque se vayan aproximando ya (192). Esta perspectiva sistémica a la que me refiero resulta todavía minoritaria o casi inexistente en el ámbito de, por ejemplo, el IPCC, reino del mejor reduccionismo hasta ahora posible y probablemente excesivo. El reduccionismo ciertamente ha triunfado por goleada en las ciencias del clima, y nos ha permitido grandes avances, pero su empeño ya no puede ir mucho más allá y sus rendimientos parecen ser decrecientes, como lo muestra el exiguo avance realizado en términos de, por ejemplo, el parámetro de sensibilidad climática[3] (193). Es preciso pues adoptar una nueva perspectiva: la sistémica.

Cuando, en 1975, esto de la dinámica de sistemas no había sido todavía completamente demonizado por los negacionistas de LLDC Wallace S. Broecker, de la Universidad de Columbia, analizó con esta metodología la posible evolución de la concentración de

CO_2 en la atmósfera, y predijo que sería de 403 ppmv[4] en 2010 (194). Bueno, las 400 ppmv las hemos superado ya en 2014, pero por aquel entonces el ciclo del carbono, y en particular la capacidad de absorción por parte de la biosfera y los océanos, era poco conocida, tardó en serlo (195) y todavía nos presenta novedades (196). Por la misma época Klaus Hasselmann, del instituto alemán Max Plank, teorizó los modelos climáticos estocásticos (197,198). Más tarde, el desaparecido Stephen Schneider (ingeniero), desde la Universidad de Stanford, fue el primero en darse cuenta de la inadecuación del modelo integrado económico-climático de nombre DICE[5], desarrollado por William Nordhaus, y en proponer mejoras. Después vinieron J.G. Lockwood y luego Timothy Lenton, ambos británicos, que comenzaron a señalar las 'sorpresas inevitables'[6] (199), las posibles transiciones de estado súbitas y abruptas (200) y los 'tipping points', o valores de alguna variable que llevan a un cambio de estado de un *subsistema*[7] (201). Entretanto, Paul A. T. Higgins, de la Stanford University, nos mostró cómo *no* es posible examinar adecuadamente, sólo por separado, los distintos subcomponentes del sistema climático sin considerar sus interrelaciones (202).

Otra persona que percibe el sistema climático en términos sistémicos es James Lovelock (británico, ingeniero, el padre de la teoría Gaia, con sus sencillos modelos dinámicos Daisyworld) y sucesores (203,204), y de ahí su dramática comprensión del significado de los cambio de estado climático de alcance global. Lovelock sugiere, sin demostración, que el sistema climático de la Tierra tiene tres estados inherentes de equilibrio. La glaciación total (*snowball Earth*), las edades de hielo, y un estado 5-8 ºC más caliente que el actual y con el nivel del mar 75 m más arriba, que se dio hace 55,5 millones de años en el denominado máximo térmico del Paleoceno-Eoceno y al que ahora nos dirigiríamos. Sostiene que el interglaciar actual y los anteriores no son estados de equilibrio (aunque puedan mantenerse estables por un tiempo), sino fallos de regulación del planeta, cuya preferencia es por los estados glaciales (205). No obstante, la emergencia de carbono enterrado que hemos provocado estaría ahora haciendo bascular el clima hacia un nuevo máximo térmico. Los cocodrilos encontrados en el Ártico corresponden a esas condiciones.

Otros autores si han estudiado formalmente el sistema climático en términos de dinámica de sistemas. Comenzó el ruso Budyko en 1969 (206), y fue seguido por el matemático francés Michael Ghil en 1976 (207). Salvo Stephen Schneider en 2000 (208,209) no fue hasta 2010 cuando Bernard Etkin, de la Universidad de Toronto, analizó el *espacio de fase* desde la última glaciación, señalando dos estados estables[8]: el interglaciar actual y las edades de hielo (210). En cambio otros matemáticos han encontrado 4 estados estables (211).

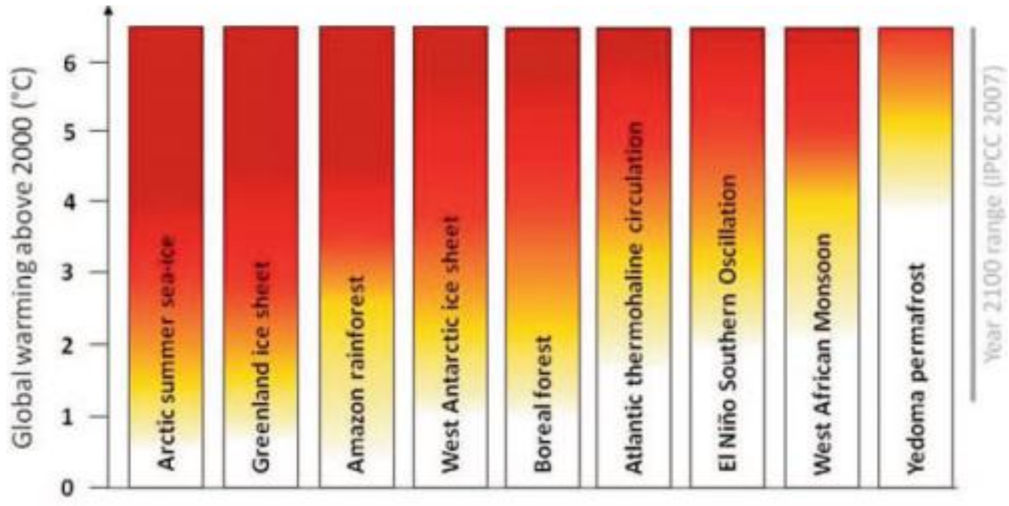


Diagrama que muestra el riesgo de desestabilización (tipping points) de distintos subsistemas del sistema climático de la Tierra en función del incremento de su temperatura media respecto al año 2000 (237). No le extrañe que una nueva revisión haga descender el rojo masivamente hacia abajo, y mucho más en el caso del permafrost.

Está verde

La aproximación al sistema climático vía dinámica de sistemas o, de una forma más en general, mediante la teoría de sistemas complejos, está todavía verde por dos motivos principales. Uno es que hay dos formas de abordar el problema. La primera consideraría el forzamiento de los gases de efecto invernadero como la señal sobre un *ruido* formado por la variabilidad natural del sistema; la segunda consiste en considerar al sistema climático como accionado por la variabilidad natural, y examinar la influencia de los gases nuevos y en exceso sobre los autovalores y modos de funcionamiento inherentes al sistema considerado (212). El otro motivo por el que está verde es que cada día hay más acuerdo sobre el hecho de que el interglaciar actual no constituye un estado de equilibrio inherente al sistema climático de la Tierra. De ser así, los modelos calibrados bajo esta consideración resultarían de dudosa validez (213).



Lord Lawson, presidente del think tank negacionista Global Warming Policy Foundation

Hace unos meses hubo cierta polémica respecto a un meteorólogo sueco, hasta entonces persona razonable, que decidió súbitamente engrosar las filas del negacionismo climático organizado *hard*. Lennart Bengtsson, para quien es una pena que Alemania Oriental haya desaparecido para no poder enviar sin billete de vuelta ‘a todos estos

socialistas' y que se lamenta además de que no deseen ir a Corea del Norte (214), pidió su ingreso en el think-tank *Global Warming Policy Foundation* (GWPF). Esta organización es hoy el centro de emisión de desinformación climática más poderoso del Reino Unido, y probablemente de Europa, nido de negacionistas ultraliberales donde se sientan, entre otros figuras, el tramposo Richard Lindzen, el *duendes* Richard Tol y el *cósmico* Henrik Svensmark. Se niega a atender las repetidas peticiones acerca de sus orígenes de financiación, cosa que en Europa es posible hacer (y en los Estados Unidos cada vez más). La GWPF es presidida por Lord Nigel Lawson, quien fuera en su día adalid y artífice de la privatización de las empresas energéticas británicas y del debilitamiento sindical por orden de Margaret Thatcher (215).

Cuento esta anécdota porque ofrece pistas sobre la psicología unidireccional y algo hemipléjica de esta gente. Hemos visto cómo Hayek y Friedman, junto a la Dama de Hierro, consideraban que no hay sociedad, sino sólo la suma de todos los individuos. Pues bien. Para Bengtsson el clima no es otra cosa que la suma de todos los fenómenos meteorológicos durante un período dado de tiempo, y se dedica a elucubrar sobre cuán largo haya de ser este intervalo (216). Diríase que les viene bien pensar sólo con el hemisferio reduccionista. Lo cierto es que Bengtsson probablemente se equivocó en su movimiento de adscripción, y poco después se dio de baja de la GWPF respondiendo a un alud de duras críticas por parte de sus adláteres.

Por otra parte es interesante observar cómo los pocos modelos del sistema climático basados en dinámica de sistemas presentan un balance variado. Alguno muestra oscilaciones previas a un colapso climático relativamente inminente (años 2030) (217). Otros sugieren un valor de sensibilidad climática terrestre en la zona baja del margen de incertidumbre del IPCC (218-221). Stephen Schwartz, del Brookhaven National Laboratory, admite que su bajo valor de sensibilidad climática – incluso después de un error que se vio obligado a corregir para no quedar como un negacionista, y quedó finalmente establecida en 1,9±1 ºC – puede ser debido a la influencia de las emisiones de aerosoles por parte de las centrales térmicas de generación de electricidad a base de carbón no reguladas (222,223).

En todo caso no deberíamos descartar completamente la posibilidad de esas oscilaciones térmicas en un futuro, que resultan por ahora desconocidas por el IPCC (224). Al fin y al cabo, parece claro que nos hemos extralimitado severamente en nuestras emisiones de GHG.

En el ciclo de carbono si

Cabe mencionar finalmente distintas aplicaciones, más recientes, para el análisis del ciclo del carbono (195,211,225-229), clave para la determinación de la sensibilidad climática, junto a un análisis de cuál es la velocidad crítica de aumento de la temperatura media de la Tierra que lleva a la inestabilidad del permafrost, la denominada *compost-bomb instability*[9] (230).Y para que vea cómo estas cosas proceden de la ingeniería le recomiendo un análisis del sistema climático efectuado por el catedrático de ingeniería mecánica y fabricación de la Universidad de Chipre, Alessio Alexiadis, donde examina hasta qué punto el sistema climático ha entrado ya en zona de inestabilidad (231), disponiéndose pues a cambiar de estado[10].

Cuando empecé a interesarme por el cambio climático a mitades de la pasada década andaba yo convencido de que eso del (supuesto) límite de seguridad de +2 ºC, considerado el valor límite de la interferencia antropogénica peligrosa – según definición de la UFCCC en 1992 (232) – correspondía precisamente al margen de estabilidad del sistema climático (233). Por entonces no me era concebible que otros estudios superiores no emplearan la dinámica de sistemas, desde luego ni economistas ni, mucho menos, físicos. Tardé en salir de mi error. Ahora sé que este guarismo, los +2 ºC, no es otra cosa que una decisión política, y que toda interferencia en el sistema climático es peligrosa en sí misma.

Finalmente destacaré algo que me llevó de cabeza durante mucho tiempo. La definición precisa de 'factor de realimentación' y de 'sensibilidad' que emplean por defecto los climatólogos (los del IPCC, para entendernos) no es la misma que la que resulta de uso común en ingeniería. Este hecho ha sido señalado por J.R. Bates (234) y por Stephen Schwartz (222,223).

Anticiparse al colapso

Un aspecto de gran importancia en cambio climático, y en dinámica de sistemas en general, es la posibilidad de anticiparse a la llegada de un *tipping point* que degrade la resiliencia del sistema o de alguno de sus subsistemas. Si encontráramos una manera de ver venir la inminencia de la inestabilización con algún tiempo por delante por lo menos podríamos preguntarnos si estamos a tiempo de hacer algo. Las matemáticas de la dinámica de sistemas muestran cómo, *sólo* en algunas situaciones (235), es posible detectar la cercanía de la avalancha.

Son dos las señales posibles. Una es la ralentización del tiempo de respuesta del sistema frente a una misma perturbación. La otra es un aumento de la variabilidad de la respuesta del sistema. Ambos fenómenos deben estar presentes (236,237), pero no siempre es posible observarlos. Pero si observa usted una, como por ejemplo una oscilación inusual de la temperatura, de los precios del petróleo, etc., lagarto.

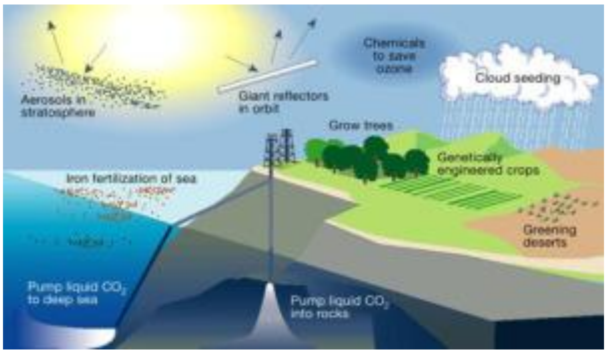
Esta situación ha sido analizada a fondo solamente en el caso de la corriente termohalina, conocida por la *corriente del Golfo*. Es posible asegurar que se va a detener como ha ocurrido en el pasado. Pero, al menos por ahora, no es posible anticipar cuándo se va a producir el hecho (238), con lo que en realidad no hemos avanzado mucho.

Geoingeniería, la última frontera



Quien haya leído de mí sólo estos textos puede creer que soy un auténtico tecnócrata, alguien que observa el mundo sólo desde las matemáticas, que abraza sueños tecnológicos racionales como respuesta a todos los problemas. Bueno, en

mi vida anterior era un poco así, aunque sin llegar al extremismo que percibía en algunos de mis compañeros de formación. Creía en todo caso que los economistas sabían lo que se hacían y que, desde luego, empleaban la dinámica de sistemas para aconsejar el mejor aprovisionamiento de los bienes escasos y la mejor distribución de bienestar posible. Dicho esto, el mundo hay que verlo comprendiendo las matemáticas, que tienen una utilidad expresiva muy superior a lo que la mayoría de la gente supone. Pero no exclusivamente. Y ayudados por la tecnología, si, muchas veces fascinante (gracias entre otras cosas a la dinámica de sistemas), pero con mucho cuidado. Que ya vamos viendo su lado oscuro incluso en ámbitos hasta ahora insospechados (239).



Distintas técnicas de geoingeniería para enfriar el planeta (Imagen: B. Mattews/Nature)

La geoingeniería, o intento de controlar el clima de la Tierra interviniendo en el sistema climático de forma masiva es, ahí sí, terreno abonado para el enfoque sistémico, donde de verdad se emplea exhaustivamente. En términos de geoingeniería *hard*, a saber, la Solar Radiation Management[11] (SRM), supone mirar el planeta como si fuera un artefacto humano, y reducir la problemática planetaria (y social) a un problema de control de temperatura, de optimización de la radiación solar que llega al planeta. ¿Es esto llegar demasiado lejos?

Pues depende para quién, y de cuáles sean sus intereses. Hay figuras, como el negacionista climático sobrevenido, pero *light*, Brad Allenby[12], que sostienen sin rubor que es posible organizar un mundo (casi) completamente artificial contando sólo con el libre mercado (241), y que es económicamente mucho más adecuada la geoingeniería que las políticas de mitigación del cambio climático al uso o la adaptación al mismo.

Un aspecto muy interesante de la geoingeniería es que la investigan y desarrollan, y defienden, muchos negacionistas climáticos acérrimos, alojados en *think tanks* desde los tradicionales American Enterprise Institute y Hudson Institute al ad hoc Bipartisan Policy Center – una colección de neocons, halcones y neoliberales intervencionistas, según The Nation (242) – enfrascados ahora en promover la supremacía militar estadounidense y aumentar el poder corporativo por encima de la democracia representativa. Todo ello va de la mano de las grandes empresas energéticas, químicas, farmacéuticas y biotecnológicas (243). Muchos de estos personajes proceden o han colaborado con el Lawrence Livermore National Laboratory, centro del poder nuclear USA y de los estrategas de la guerra fría. Claro que el Copenhagen Consensus Center de Bjørn Lomborg (que está en Washington) ayuda, y mucho (244). Pero tranquilos porque, agencia de PR mediante, han rebautizado la geoingeniería como *climate remediation*[13], y la plantean sólo para situaciones de emergencia planetaria. Claro que los militares contemplan esta tecnología como un *multiplicador de fuerza* (245), e

implican a la DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) en el asunto (246). La cuestión es, como recomiendan, situar el centro de mando de la geoingeniería en la Casa Blanca (247). Lógico: ellos declaran abiertamente que la ingeniería climática servirá para poder esquivar la democracia (248), que sin duda les resulta muy molesta.

Hacen así suyas las palabras de Leonardo da Vinci en uno de sus sueños:

"¿Qué método de guerra hay que pueda infligir mayor daño al enemigo que el poder de privarle de sus cosechas? ¿Qué combate naval puede compararse con aquél que libraría quien tuviese el dominio de los vientos y pudiera causar ruinosas tempestades que hundirían hasta a la flota más poderosa? En verdad, quien dominase tan irresistibles fuerzas se convertiría en el señor de todas las naciones y no habrá capacidad humana que pueda oponerse a tan destructivo poder." (240)

Junto a la renovada vocación de dominio ideológico y supremacía militar está el dinero. Imagínese que usted tiene la patente para modificar el clima a voluntad, que usted *posee* el clima (249). Para encontrar financiación vía capital riesgo lo primero es hacerse decir, vía informe ad hoc, que esto es un negocio fabuloso, que la temperatura óptima de la Tierra es 3,5 ºC más caliente y que por cada dólar invertido en ensuciar la estratosfera con azufre obtendré $25 (244). Añadiré que la batalla contra la acidificación del mar está definitivamente perdida (250). ¿Sabe qué emplean para calcular esto? ¡El modelo DICE de Nordhaus! Claro que para controlar el sistema climático han decidido que es mejor la dinámica de sistemas.



A lo que íbamos. ¿De dónde saldrá el dinero? Para la inversión ya vemos que los militares lo apoyan encantados, pero el promotor principal no es otro que Bill Gates, probablemente ebrio de tecnofilia y tecnocracia tras el éxito de su más que perfectible Windows. Bill Gates inyecta cantidades enormes de dinero en investigación en geoingeniería a través de su fundación hacia las firmas CRA International e Intellectual Ventures, donde residen Brad Allenby, Ken Caldeira y otros climatólogos conectados con el Lawrence Livermore National Laboratory. Paralelamente Gates tiene invertidos (o tenía a finales de 2013) más de mil millones de dólares en las grandes petroleras ExxonMobil y BP, como nos revela muy documentadamente Naomi Klein en *This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate* (251).

Para que la inversión en geoingeniería rinda sus frutos, sin necesidad de contar con usos militares sobrevenidos que desde luego se pagarían generosamente, CRA International y/o Intellectual Ventures esperarán a que se produzca una emergencia climática de tal magnitud que provoque hileras de mandatarios aparentes arrodillados delante de su despacho suplicándole una autorización para emplear la tecnología que usted posee como último intento para salvar el mundo. A cualquier precio porque, ahora sí, ya todo es suyo.

Todas estas cosas y muchas más las cuenta el catedrático de ética pública de la Universidad australiana Charles Sturt, Clive Hamilton, en su documentada obra *Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering*[14].

¿Quién dice que no quedan buenas oportunidades de negocio? ¡Cómo no van a ser negacionistas!

Parece una película de Hollywood, o de terror, con la salvedad de que es la pura realidad. A no ser que esta gente haya conseguido privadamente un conocimiento magnífico del sistema climático de la Tierra muy por encima de lo que miles de investigadores han podido hasta la fecha mostrar en el IPCC, la *ilusión del control* del clima de la Tierra es una fantasía cornucopiana digna de Julian Simon y otros espíritus hermanos. Un poco más adelante nos reencontraremos con este personaje, icono histórico de la ausencia de límites a la actividad económica, negacionista climático y económico de pro.

Porque la tecnología puede muchas cosas (mientras destruye otras), pero no es omnipotente. Tampoco la dinámica de sistemas. Ya el teórico Alexander László, con quien nos volveremos a encontrar también, nos advertía contra esta 'ilusión de control' (252, ver también 81). ¿Cómo podemos controlar mediante ingeniería un sistema que no conocemos del todo bien? (253). Para estos figuras la ingeniería es el triunfo definitivo del hombre sobre la naturaleza (254), la que *ordena su desorden* (255), el sueño modernista de la Ilustración llevado al paroxismo y beodo de sí mismo. La geoingeniería es la última frontera, sí, del capitalismo neoliberal.

Por mucha simpatía que pueda usted sentir por el *libre mercado* ¿no le parece que esto es llegar demasiado lejos? ¿No cree que habría que detenerlo?

Examinar referencias

Notas al pie

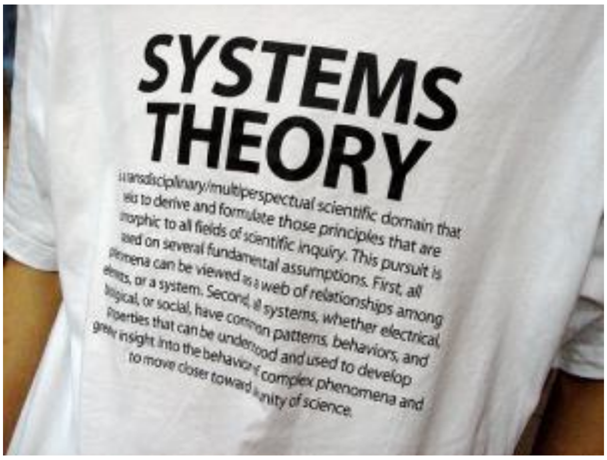
[1] Porque son físicos de la atmósfera. Respuesta de Andrew J. Jarvis, de la Lancaster University, a la sorpresa del autor dándose cuenta de que los asuntos del clima no eran examinados bajo el prisma de la dinámica de sistemas
[2] Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen: Consejo Asesor Alemán sobre Cambio Global
[3] Se entiende popularmente por sensibilidad climática el aumento de la temperatura media de la Tierra resultante de duplicar la concentración atmosférica de CO_2, o forzamiento equivalente
[4] Partes por millón, en volumen
[5] Dynamic Integrated Climate and Economy Model
[6] Son sorpresas porque no es posible predecir matemáticamente todas las posibilidades en detalle en un sistema no lineal, e inevitables porque sabemos, matemáticamente, que se producen
[7] Por ejemplo Groenlandia, considerado un subsistema de la criosfera, a su vez subsistema del sistema

climático. Cuanto más se funde, menor es la altura del hielo, mayor es la temperatura, y más se funde
[8] No confundir un posible estado estable forzado con un estado de equilibrio inherente al sistema
[9] Según este análisis, la bomba se activaría a partir de una velocidad de aumento de la temperatura media de la Tierra de 0,9 ºC/década
[10] Alexiadis demuestra, teniendo en cuenta *solo* el forzamiento solar y el del CO_2, que la probabilidad de que el sistema se haya desestabilizado ya era en 2008 del 12% (231). En 1970 era solamente del 8% (256)
[11] Gestión de la radiación solar que llega al planeta
[12] Luke warmist: negacionista climático *light*, el más peligroso.
[13] Remedio climático
[14] Dueños de la Tierra: el inicio de la era de la ingeniería climática

5. Aplicaciones de la dinámica de sistemas a las ciencias sociales

30/12/2014 por Ferran P. Vilar

"Si se nos pregunta si somos libres diríamos que sí, pero si se nos pregunta si creemos ser capaces de cambiar el mundo que nos rodea, ya sea individualmente o en grupos, diríamos que poco o muy poca cosa." – Zigmunt Bauman[1]



Índice de la serie y enlaces

Es poco conocido que esta *teoría general de sistemas* ha superado con éxito los límites de las ciencias 'duras' y de la ingeniería para abarcar otras ciencias naturales (biología, ecología), y también, de forma muy destacada, distintas ciencias sociales (257). Son los denominados *sistemas centrados en las personas*, que pueden describirse como *sistemas realimentados adaptativos*, que incluyen la mente y las emociones (258,259). Las aplicaciones del método por parte de sociólogos del siglo XX tales como Talcott Parsons (260-262), Niklas Luhman (263-265) y Anthony Giddens – con su teoría de la estructuración (266) – decayeron en los años 70, pero adquirieron renovado impulso en los 90 de la mano de Peter Senge (93) y John Sterman, del Massachusetts Institute of Technology (MIT) (267) y también de David Lane, de la London School of Economics.

Éste último nos señala acertadamente, respecto a las críticas que recibió el modelo World3[2], que:

"Las ideas de Forrester operan a nivel de la metodología, y no de la teoría social. De modo que la dinámica de sistemas no está casada con paradigma social alguno, y puede ser recreada para su uso en el marco de paradigmas distintos." (268)

Nada más cierto, porque la metodología de la dinámica de sistemas, como hemos dicho, es absolutamente neutra, son matemáticas puras. Si a alguien no le gustan los resultados de un accidente de tráfico no va a culpar a las leyes de Newton; lo mismo aplica a quien no le gusten los límites que la metodología nos obliga a considerar en una aplicación de la dinámica de sistemas al sistema socio-técnico mundial.

La formación básica de Forrester era la de ingeniero electrónico, y en su periplo profesional aplicó la dinámica de sistemas al desarrollo urbano en particular y a la gestión organizativa en general cuando creó el Sloan Institute of Management del MIT.

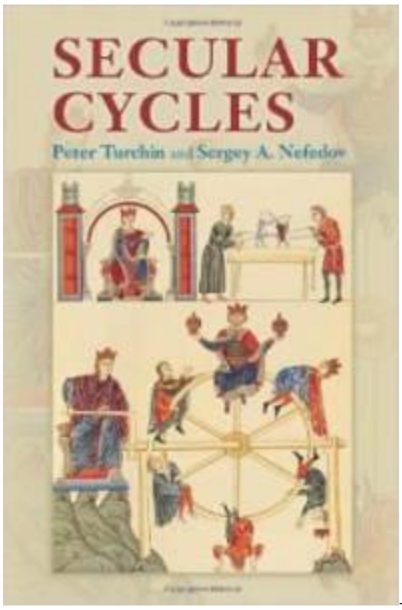
La dinámica de sistemas es una herramienta ampliamente empleada por los gestores industriales para la toma de decisiones en el marco de la denominada *investigación operativa* (269). La emplean los militares para decidir estrategias, y la alquilan algunos políticos para examinar la evolución de su aceptación por parte del público[3]. La usa incluso la policía para aumentar la eficacia en la prevención del delito y para combatir más eficazmente la insurgencia (270). *Science* informa de que unos investigadores de la Universidad de Indiana acaban de ser atacados vía difamación por haber osado emplear la dinámica de sistemas con el fin de discriminar los mensajes de Twitter originados por máquinas de propaganda política o empresarial de los 'auténticos' (271).

Una de las aplicaciones más sugerentes de la dinámica de sistemas aplicada a las ciencias sociales es el estudio de las *macrodinámicas* sociales, lo que se conoce por *cliodinámica*. Karl Marx, con su sociedad de clases, e Immanuel Wallerstein, con su concepto de núcleo-periferia, fueron de los primeros en describir el mundo en términos estructuralmente simples, y así se le considera a este último el teórico del *World System* (272,273). También Marvin Harris, en su teorización del materialismo cultural (no confundir con el materialismo marxista que no tiene nada que ver) en términos de 'infraestructura, estructura y supraestructura', supo también ampliar un poco más el campo de visión (274,275). Por su parte el holandés Kees Van der Pijl, teórico del dominio ideológico occidental sobre la sociología académica (276), también examinó la distribución de poder en términos estructurales de *Lockean heartland* y *contender states* (277). Y Bertrand Russell, que se interesó también por el método, fue el precursor que examinó el mundo en términos de las distintas formas de poder y dominación (278).

Ciclos históricos

No me consta que se haya hecho de los componentes funcionales e interrelaciones definidas por estos autores ejercicio matemático alguno – salvo en el caso de Marx (279) – pero son pensadores a considerar en la medida de que han sido de los primeros en tener muy presentes los lazos de realimentación entre componentes de la estructuración social y, en el caso de Wallerstein, en rescatar los denominados *ciclos Kondratiev* de largo plazo (280) (que los economistas rechazan porque sus modelos son

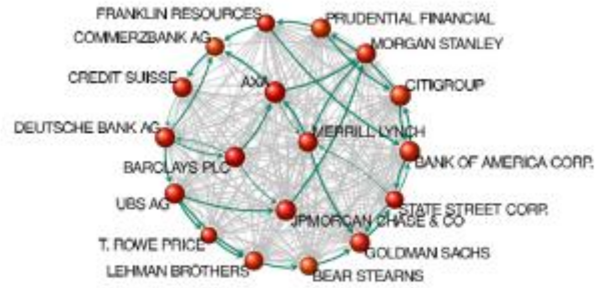
incapaces de reproducir), y que se superponen a otros procesos cíclicos a más corto plazo.



A finales del siglo XIX el filósofo checo Karl Kautsky señaló la importancia de realizar una síntesis entre marxismo y lo que consideraba ‘verdades parciales del maltusianismo’ (281). Pues esto es lo que han hecho recientemente el ruso Andrey Korotayev y, sobretodo, el estadounidense Peter Turchin, de la Universidad of Connecticut, y el también ruso Sergey A. Nefedov. Han trabajado matemáticamente las dinámicas sociohistóricas y han desarrollado un *modelo demográfico-estructural* (282). Lo que han hallado es muy interesante y sugerente, y ha dado lugar a distintos *papers* y al libro *Secular Cycles*.

Turchin y Nefedov han analizado modelos malthusianos (demográficos) y modelos marxistas (estructurales). Establecieron matemáticamente las ecuaciones de ambos modelos, hasta ese momento establecidas sólo de forma descriptiva, y las aplicaron por separado a un número elevado de sociedades pasadas – muchas más de las consideradas por Jared Diamond en *Colapso* (283). No había forma de reproducir su evolución. Sin embargo, tan pronto sintetizaron ambos modelos en uno sólo, de modo que ambos factores interactuaran dinámicamente, cada uno afectando al otro y siendo afectado por él (realimentados), entonces sí fueron capaces de reproducir matemáticamente la evolución real del crecimiento de esas civilizaciones, su posterior colapso en términos de ingresos, producción y población, y deducir de todo ello mecanismos de fondo comunes (284). Por cierto que Diamond no les gusta nada a los neomarxistas, a quien consideran excesivamente determinista. F**k Jared Diamond!, titula el editor de su revista de referencia Capitalism Nature Socialism (285).

Los amos del mundo



Zoom de la red de control mundial y sus interrelaciones en su área financiera, según ref. 288

Otras excursiones del método fuera de la ingeniería, la biología o la economía (veremos poco más adelante estas últimas) se han producido al analizar la evolución del derecho internacional en términos de *sistema complejo adaptativo* (286), pues muchos sistemas complejos pueden ser vistos como redes (287). En este terreno otra aplicación de gran interés, bastante reciente, es la que muestra el sistema de control del mundo por parte de las empresas transnacionales y sus (incestuosas) interrelaciones. Conclusión del estudio: el sistema económico global está en manos de sólo unas 700 personas que acaban controlando, directa o indirectamente, el 80% del valor de todas las empresas transnacionales del mundo (288). Sí, es algo subversiva, la dinámica de sistemas (289,290).

La dinámica de sistemas resulta ser el puente más sólido entre las ciencias naturales y las ciencias sociales, aunque se ablande (sólo un poco) a medida que se acerca a lo humano. La teoría de sistemas está bien definida en la Enciclopedia General de Ciencias Sociales desde 1968 (291). Se han desarrollado metodologías cuantitativas denominadas *soft systems dynamics methodology* (SSDM) (292) y su complemento *data-based mechanistic modelling* (DBM), más específica esta última para el análisis medioambiental (293). Siempre quedará la discusión sobre la validez del modelo matemático empleado para caracterizar el comportamiento humano y social, su nivel de detalle y su resolución temporal. Pero para eso no es posible presentar otro argumento que la analogía del mapa, y resultados concretos. Y resulta que funcionan.

La cuestión del determinismo

Por su parte, la cuestión del determinismo sistémico, esencial en ingeniería, resulta con toda razón controvertida en el terreno de las ciencias sociales. ¿Hasta qué punto resultamos condicionados por el sistema en el que estamos insertos? ¿Somos totalmente esclavos de él? ¿Y nuestro libre albedrío? (294). Reconocer el condicionamiento de los sistemas sociales sobre el individuo es difícil, entre otros motivos porque el sistema *conspira* para que esta percepción resulte reducida. Cuando digo conspira no me refiero (en esta ocasión) a un grupo de personas fumando y planificando contra nosotros. No. El sistema funciona solo, se autorregula, y lo hace en base a unos *objetivos implícitos*, apenas visibles, pero bien presentes. Y determinantes.

El caso es que sólo podemos darnos cuenta del condicionamiento al que nos somete si somos capaces de reconocerlo como sistema, con su contorno adecuado, y examinarlo

desde fuera (desde arriba, hemos dicho hasta ahora). Esto recuerda la idea taoísta de que solo “la consciencia” sirve para evolucionar, ya que la historia personal nos hace atascarnos en dinámicas inconscientes emocionales y mentales bloqueantes que, una vez que se reconocen, se disuelven por si mismas… pero hay que reconocerlas, sacarlas del inconsciente y verlas “desde arriba” o “desde fuera”[4].

El concepto de sistema contradice nuestra creencia de seres (totalmente) libres. Jay Forrester afirmaba en 1998, en la Universidad de Sevilla, que:

“La gente es reacia a creer que los sistemas físicos y los sistemas humanos son de la misma naturaleza. Aunque los sistemas sociales sean más complicados que los físicos, pertenecen a la misma clase de sistemas realimentados no lineales de orden elevado, como los sistemas físicos. La idea de un sistema social implica que las relaciones entre sus partes condicionan fuertemente el comportamiento humano… En otras palabras, el concepto de sistema contradice la creencia de que las personas son agentes totalmente libres.” (295)

Con todo, el dilema del determinismo parece resuelto en favor de quienes, como Anthony Giddens y David Lane, modelan la interacción individuo-sociedad de forma reflexiva, de modo que el individuo, o un grupo de ellos, es capaz de condicionar el entorno, de definir un marco de relaciones, que a su vez condiciona al individuo una vez establecido (296,297). De modo que si, desde luego que somos capaces de alterar el sistema (implantando y acoplando sistemas de control), y además *es nuestra responsabilidad hacerlo*. Pero mientras no sea así resultamos condicionados de forma inexorable por el sistema preexistente (298). Y así, muchos de nuestros errores son debidos al propio sistema por lo menos tanto como a nosotros mismos. A la manía de autoculparnos de todo los psicólogos lo denominan ‘error fundamental de atribución’, efecto que ha sido analizado también por John Sterman del MIT, el mismo que he referenciado repetidamente como analista de nuestras dificultades de percepción y manejo sistémico (299).

Gobernanza y control social

Siendo que Forrester, el creador de LLDC, hizo una carrera de aplicar la dinámica de sistemas al mundo de la gestión empresarial, lo que fue seguido por Peter Senge (93) y John Sterman, ambos también en el MIT (!) – metodología que, en ese ámbito, si ha triunfado – su traslación a la política ha devenido de manera natural (300,301). Es así que en el mundo político, aunque de forma (no muy) minoritaria, esta herramienta se emplea también como ayuda a la toma de decisiones, sobretodo electorales. Y ahí donde no lo hace debería hacerlo pues, como vamos viendo, es de las herramientas más fértiles desarrollados por elo ingenio humano.

Uno de los ámbitos de aplicación de lo que le estoy diciendo es precisamente la política climática donde Andrew J. Jarvis, de la Universidad de Lancaster, ha estudiado las políticas de mitigación en términos de cómo diseñar un sistema de control secuencial del sistema climático vía políticas de mitigación (302,303). También Slobodan P. Simonovic y Evan G. R. Davies han penetrado en este campo (305). Y Georgi M. Dimirovski, quien señala la responsabilidad de los ingenieros de control en estos tiempos difíciles, a quienes invita a orientarse hacia lo económico y social (306) – yo añadiría que la desindustrialización de occidente puede favorecer esta decantació. No es

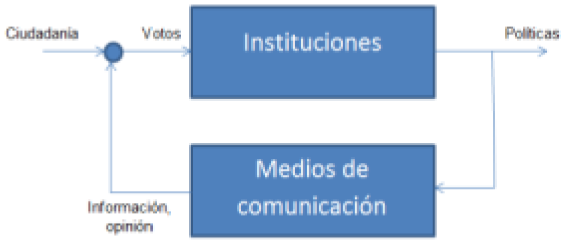
extraño que, en estas circunstancias, haya sido precisamente la globalización la que haya atraído la atención de los especialistas en ingeniería de sistemas (258,307).

Otras visiones holísticas han sido examinadas por el británico Martin Parry al contemplar conjuntamente las políticas de mitigación y las de adaptación respecto al cambio climático (308) y también por el Instituto Potsdam para la Investigación de los Impactos del Clima, alemán (309). Investigadores canadienses desarrollaron – y publicaron en la académica y dura Automatica – un sistema de control estocástico para la determinación del *timing* óptimo de las políticas climáticas (310). Más en general, Joan David Tàbara examina cuestiones de gobernanza de la sostenibilidad bajo este prisma (311).

Por su parte, la conferencia de premios Nobel de 2011 recomendó como idea fuerza que:

"Los políticos de todo el mundo deberían adoptar un *nuevo pensamiento sistémico* que ponga mucha más atención a los efectos colaterales negativos de las soluciones rápidas, y que reconozca las numerosas posibilidades de invertir en el uso sostenible de los ecosistemas y de sus servicios." [énfasis añadido] (312)

He señalado que para controlar un sistema no es necesario, y a menudo ni siquiera conveniente, ubicar un controlador en la cima de la jerarquía sistémica. Muchas veces basta con una intervención en uno o varios puntos concretos, cosas más discretas. Veámoslo con un ejemplo sencillo de funcionamiento elemental de un sistema político democrático.



Esquema básico de un sistema democrático realimentado

La imagen de la figura representa el esquema básico de un sistema realimentado. De hecho, todos los sistemas realimentados son reducibles a esta estructura básica de iteración. Supongamos que queremos modelar (cualitativamente, por ahora) un sistema democrático ideal, al menos teóricamente. ¿Cómo funciona el mecanismo?

La ciudadanía vota y elige un gobierno. Unos sensores periodistas examinan las acciones del gobierno y las trasladan (de vuelta) a la ciudadanía a través de un lazo de realimentación constituido por los medios de comunicación. En tiempo real, si esto fuera un automatismo perfecto, el gobierno recibirá de la ciudadanía, a través de sucesivas iteraciones, las señales que le indiquen en qué medida su acción se aparta de la que la ciudadanía desea. Idealmente, en términos de una democracia *automática*, el gobierno respondería a esta demanda. En estas condiciones ¿qué puedo hacer yo si tengo la intención – y la posibilidad – de interferir en el proceso porque las acciones del

gobierno no me favorecen? ¿Ubicar un nivel superior de control, un dictador? Hoy ya no. Hay formas más inteligentes, menos aparentes y más eficaces, 'gracias' a la dinámica de sistemas (y a la propaganda).

Una de las intervenciones más efectivas consiste en condicionar el lazo de realimentación, insertando ahí un controlador. Si instalo una máquina de desinformar o difamar o… ya sabe usted cómo se las gastan, lograré alterar la percepción del público y condicionaré así su voto. Casi siempre es suficiente con insertar un sencillo filtro. Si lo hago bien, y lo energizo lo suficiente, acabaré decantando el sistema a mi favor, lograré que sean elegidos los míos.

Esto funciona así, y por eso la izquierda no gana hasta que la derecha lo hace rematadamente mal. Para hacer esto se necesita mucho dinero y muchas complicidades, implícitas incluso, en los centros de poder. Y estas potencialidades se encuentran, por lo general, en mucha mayor medida en manos de la derecha que en las de la izquierda.

Ya ve usted para qué sirve y lo subversivo que es el *systems thinking*[5]. Un trabajo publicado en la *System Dynamics Review* en 2010 mostraba por qué los distintos movimientos sociales, y en particular los ecologistas, son incapaces de alterar el funcionamiento del sistema, y ofrecía pistas sobre cómo abordar el dilema (*crux*, o punto decisivo, crucial, le llama) de vencer la resistencia al cambio mediante la dinámica de sistemas (313). Lo examinaremos algo más adelante en esta serie.

Finalmente, un último ejemplo de cierta actualidad. Los independentistas escoceses reclamaban al Reino Unido la *devolution*. Peter A. Corning, del Institute for the Study of Complex Systems, esperaba que ese proceso supusiera una oportunidad para examinar y validar, o hasta qué punto, modelos que examinan la hipótesis de la sinergia entre comunidades bajo distintas condiciones, independientes o no (314). Habrá quedado algo frustrado.

En la próxima entrada examinaremos las aplicaciones de la teoría de sistemas al sistema económico.

Examinar referencias

Notas al pie

[1] Zygmunt Bauman (2001) – En busca de la política (315)
[2] Modelo de Jay Forrester que sirvió de base al informe Los límites del crecimiento
[3] Aseguraría que el famoso consejero áulico del presidente español Mariano Rajoy, de nombre Pedro Arriola, hace uso de estas herramientas para su estrategias y previsiones electorales
[4] Debo literalmente este último párrafo a la generosidad de Margarita Mediavilla
[5] Pensamiento sistémico

6. Aplicaciones de la dinámica de sistemas a la economía

31/12/2014 por Ferran P. Vilar

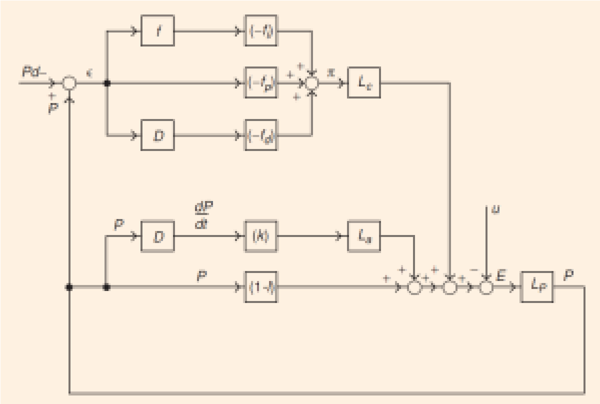
"This economy does not compute." *(The New York Times, 2008) …* ***"Economics needs a scientific revolution."*** (Nature, 2009) [1]



Índice de la serie y enlaces

Lamentablemente los economistas, cuya pretensión es controlar una economía repleta de lazos de realimentación para mantenerla en un equilibrio *creciente en actividad*, no dominan la formulación matemática de la teoría de sistemas, y por tanto tampoco la teoría de control[2] (316). La inmensa mayoría no saben ni tan sólo de su existencia. Una excepción cercana es Santiago Niño Becerra, que empleó esta técnica de ingeniería para el análisis de un sector económico español en su tesis doctoral en los años 70 (317). Otra excepción es el departamento de gestión empresarial del Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde se elaboró el modelo World3, que posteriormente dio origen al informe LLDC. Una última, más reciente (los 90), está personalizada por Thomas S. Fiddaman, quien en su tesis doctoral – también en el MIT – buscando respuestas al cambio climático evaluó los lazos de realimentación entre energía y economía y evidenció, una vez más, el problema de las inercias socioeconómicas que introducen retardos (318).

Ocurre que para los economistas el equilibrio debe tener lugar en forma de crecimiento exponencial (mismo porcentaje cada año). Mientras que, para el resto de los mortales, esa es una forma matemáticamente cierta de desequilibrar cualquier cosa. Ellos pueden escudarse en que los límites todavía quedan lejos, pero un objetivo de esta serie de textos es examinar documentadamente hasta qué punto esta afirmación es cierta. Para ello nos preguntaremos qué indicadores son válidos y cuáles no. Y cuál es su magnitud (319).



Sistema de control PID del sistema económico diseñado en 1957 por el economista e ingeniero de control de la London School of Economics A.W. Phillips (320)

La primera aplicación conocida de ecuaciones de dinámica de sistemas al sistema económico tuvo lugar en 1933, aunque eran bastante limitadas y nada útiles (321). Poco más tarde el sociólogo e ingeniero de control, y después economista de la London School of Economics, William Phillips, estableció con mucho más éxito las ecuaciones (no lineales) que estaban en la base de la máquina Newlyn/Phillps, descrita en un post anterior de esta misma serie (322). Phillips estableció en 1954 las condiciones bajo las cuales se puede estabilizar una economía mediante reguladores PID[3] (323). Viendo que el asunto era más complicado de lo que había imaginado, especialmente por la mayor influencia de los retardos, Philips corrigió sus conclusiones en 1957 (320). Después vino World3 y Los Límites del Crecimiento en 1972, y un sucesor regionalizado en 1974 (324). Y después mucho silencio.



William D. Nordhaus, pontificando sobre economía y clima en un mundo sin límites

Pero en las contadas ocasiones en que la metodología de la dinámica de sistemas ha sido aplicada a la pura economía estándar se han producido algunos resultados sorprendentes (306). Por ejemplo, se ha podido observar cómo en el famoso modelo integrado económico-climático *(Integrated Assessment Models*, IAM) DICE[4] de William

Nordhaus, icono y base de la política climática mundial, no se cumple el principio elemental de la conservación de la masa, y no hay manera de hacerla cumplir sin entrar en contradicción o severa restricción con alguna de las demás ecuaciones (325,326). Además este tipo de modelos tampoco son *ergódicos*[5] – como señaló acertadamente Stephen Schneider, de la Universidad de Stanford, ya en los 1990 (327) – propiedad que resulta ser una condición necesaria de validez. Luego están todos mal de raíz. Por tanto, espero que el empleo de DICE para deducir de ahí el *coste social del carbono*, o para deducir incluso la temperatura del planeta en el siglo XXIII (sí, 23) (244), como pretenden tantos economistas neoclásicos infiltrados en el terreno climático, sea pronto visto como un error histórico, cuando no como una memez incomprensible e insoportable.

También se ha visto que en los modelos keynesianos la inversión no se acumula en parte alguna (328). Luego están mal, lo que dio origen a las escuelas *poskeynesiana* (329,330) e *institucional* (331). Otros practicantes económicos han reformulado la teoría económica de Adam Smith en términos de dinámica de sistemas (332), así como la teoría del comercio internacional de Hicks (333) y hasta la teoría del crecimiento de Solow, con resultado desigual (334). Pero está meridianamente claro que el núcleo duro (*hardcore*) de la economía neoclásica es de todo punto incompatible con las leyes de la termodinámica (335) mientras que, en la dinámica de sistemas, estas leyes están implícitas – pues siempre es posible expresar (reducir) sus ecuaciones en (a) términos energéticos[6].

En 1980 James Forrester, el padre del modelo World3, elaboró en su entusiasmo sistémico un modelo de la economía estadounidense del que dedujo distintas dinámicas en forma de ciclos superpuestos (336) que años más tarde retomó John Sterman, también en el Sloan Management Institute del MIT (337). Forrester fue inmediatamente vilipendiado desde Yale (donde está Nordhaus) en un claro movimiento de defensa corporativa por parte de los neoclásicos (338,339) para quienes la realidad parece más una molestia que un marco irrenunciable.

Dios en el mercado



Y es que los economistas creen que el mercado es Dios. No lo tome a broma que se lo digo literalmente. Los fundamentalistas cristianos made in USA, que ocupan muchas más posiciones de poder de las que parece (340), y de los que nunca se habla, pero que acaban de tomar el control del senado de ese país, han teorizado la *Christian Economics* cuya doctrina, oh casualidad, coincide con el ultraliberalismo más extremo (341). *Jesus hates taxes*![7], afirman (342). *Si non è vero, è ben trovato*. Entre otras lindezas sostienen que la presencia de Dios entre

nosotros es real y que la prueba la tenemos en el mercado, que es por donde se expresa. Por tanto, ya tiene en cuenta las leyes de la termodinámica y todo lo que haga falta, e imagino que si no le gustaran las cambiaría. A eso se deben referir los economistas menos teocráticos cuando hablan de *fallos de mercado*.

Porque fíjese qué cosas tiene la teoría económica ortodoxa. Los actores del mercado pueden ser rematadamente idiotas (*zero-intelligence*) que éste es tan sabio y todopoderoso que todo lo compensa. Esto no crea que lo publican en la hoja dominical: lo hacen en una publicación académica *peer-reviewed*, en una sede bien formal de su mundo alternativo, *la Journal of Political Economy*. Nada menos que el neoclásico Gary Becker, de la Escuela de Chicago (343,344). ¿Para qué necesitábamos entonces la Ilustración si ya teníamos a Dios entre nosotros?

Pero John Sterman, el que más ha analizado las dificultades de percepción humanas en relación a las dinámicas sistémicas, ha demostrado también que el mercado, efectivamente, corrige algunas dificultades de percepción de los lazos de realimentación. Sí, pero sólo parcialmente, no lo suficiente. El error se mantiene (345). El Todopoderoso no debe pues de andar por ahí.

El caso es que la dinámica de sistemas es ignorada olímpicamente por los economistas *mainstream*, sean éstos del Banco Mundial o del Fondo Monetario Internacional o de Goldman Sachs (y después ministros) o de la London School of Economics (con la notable excepción actual de Richard Lane, pero no de Nicholas Stern, el del famoso informe, para quien el problema climático se resuelve a base de crecimiento y unas pocas monedas). O de la mismísima ONU, cooptada esta última por los modelos de crecimiento tipo Solow, desconocedores de todo límite (346) y que confían en la desacreditada 'curva medioambiental de Kuznets'[8] (347,348) para, entre otras ventajas, no incomodar a los países menos *desarrollados* (349). Solow sostenía, y le dejaban decir y publicar, y lo siguen enseñando en las facultades, y muchos le siguen creyendo, que el mundo se las puede apañar sin recursos naturales (350). Cada vez que recuerdo esto tengo que mirar de nuevo el original, pues me parece inaudito que se haya podido decir, y mucho más que se pueda tomar en serio e incluso enseñarlo, y publicarlo, y seguir enseñándolo hoy en día en la Universidad no como historia, sino como verdad.

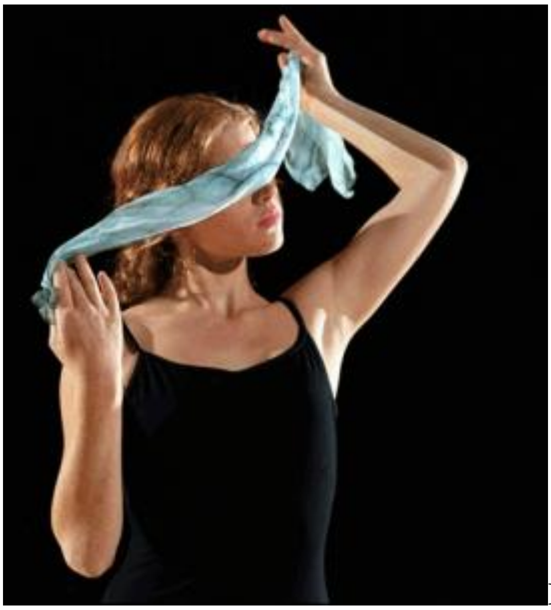
Mire qué decía al respecto, ya en 1973, E.F. Schumacher, de la Oxford University, en su *Small is Beautiful: Economics as if People Mattered*[9]:

"Si el economista … no es consciente del hecho de que hay contornos a la aplicabilidad del cálculo económico es probable que caiga en un tipo parecido de error al de ciertos teólogos medievales que trataban de justificar hechos físicos mediante citas bíblicas. Cada ciencia es beneficiosa dentro de sus propios límites, pero se convierte en maldad destructiva en cuanto los transgrede." (351)

Pero nada. En el ámbito de la teoría económica las únicas excepciones a todo esto que le estoy diciendo son 1) las muy minoritarias y académicas escuelas de la *complexity economics*, conocida precisamente por su mejor poder predictivo (352,353), que arrancó alrededor del año 2000; y 2) una parte de la *ecological economics* todavía en infancia académica por inanición (354), a pesar de sus más de cien años de existencia informal y más de treinta formal. En el terreno práctico he encontrado una consultora que si había

previsto que el *crash* del 2008 tendría lugar en 2008[10] (355). ¿Sabe qué tipo de ecuaciones emplea? ¡Diferenciales respecto al tiempo! (356).

Porque los modelos económicos estándar, como le he dicho, no contemplan la variable tiempo. Las únicas (y modestas) incursiones en este sentido se han limitado a incorporar la teoría de juegos (buscando el 'equilibrio de Nash'), técnica que ahora entusiasma a parte de la profesión pero que sus propios especialistas cuestionan de manera fundamental (357), junto a los modelos basados en agentes, que simulan el funcionamiento a corto plazo de los mercados. No es mi propósito entrar aquí en detalles sobre la falta de correspondencia de estos modelos con la realidad, más allá de insistir en algunas cosas que no tienen en cuenta y que son relevantes para la motivación de este texto, como son la ausencia o minimización de los límites y la inexistencia de condiciones de contorno. Pero me voy a permitir unos párrafos adicionales en este sentido, que aportan una mayor perspectiva sistémica.



Las ecuaciones que describen el sistema económico, las que les enseñan a los economistas en primero de carrera y cursos sucesivos, están basadas en la mecánica newtoniana, más concretamente en las ecuaciones de Euler y la mecánica de Lagrange. Filosóficamente adopta el denominado *positivismo*. De esta forma pudo la *economía política* pasar a denominarse *ciencia económica* a finales del siglo XIX, de la mano de los marginalistas que comenzaron a emplear el cálculo diferencial considerando a cada ser humano una partícula individual que interactúa con las demás como si fueran bolas de billar[11]. La resolución de este sistema de ecuaciones, o ecuaciones simultáneas, debería informarnos de los entresijos del sistema económico, ver cómo se desarrollan las cosas y poder actuar sobre él.

Naturalmente las ecuaciones de partida deben responder a la realidad observada, a hechos reales, pues de otra manera, por mucha habilidad en técnica matemática con la que haya sido yo agraciado, no pasará de ser un mero ejercicio mental dado que, en estas circunstancias, los resultados tampoco responderán a la realidad. Y si los doy por ciertos, siquiera por aproximación, estoy corriendo un grave riesgo (para mis semejantes).

He ahí el primer hándicap. Describir matemáticamente el comportamiento humano, siquiera en su estricta vertiente económica, es virtualmente imposible desde la

perspectiva reduccionista (y discutible desde la sistémica, pero menos). Para salvar este inconveniente hay que efectuar una serie de simplificaciones. De hecho todos los economistas son conscientes de este tipo de restricción en sus modelos.

Aparece un segundo hándicap cuando uno se da cuenta de que las ecuaciones más creíbles, aún con esas simplificaciones, resulta que no son resolubles, no son 'tratables' matemáticamente por mucha gimnasia mental que se realice. Se demuestra que no son resolubles analíticamente, y sólo muy ocasional y recientemente hacen uso de métodos numéricos por ordenador. Para salvar este nuevo inconveniente los economistas han aplicado ahí un nivel adicional de simplificación.

El tercer nivel de simplificación aparece cuando hay que asegurarse de que el resultado de las ecuaciones presenta un estado de equilibrio: el actual, porque así nos lo dicen nuestros sentidos. Equilibrio en precios, en expectativas, etc. De modo que si este equilibrio no aparece tendré que modificar las ecuaciones de partida para que aparezca sí o sí. Las modificaré, ajustaré, incluiré coeficientes de *fricción*, y esas cosas. De esta forma se ha acabado en el ingenio más elaborado: el *Dynamic Stochastic General Equilibrium Model*, o DSGEM, que emplea el Banco Central Europeo (358) y el Fondo Monetario Internacional (359). No crea que lo de dinámico tiene demasiado que ver con nuestro tema. Naturalmente el modelo está en un supuesto equilibrio, y si le llaman dinámico es porque le dan la posibilidad de alejarse momentánea pero sólo ligeramente de ese equilibrio, y ver qué ocurre. Pero recuerde que una cosa es modelar un sistema sociotécnico y ver cuáles son sus (eventuales) estados de equilibrio y otra suponer porque sí que ya está en equilibrio, que debe estar en un extraño equilibrio exponencialmente creciente, y empezar a hacer magníficas matemáticas teóricas a partir de ello. Viene a ser como describir el sistema solar con gran aparato formal partiendo de la suposición *evidente* de que el sol gira alrededor de la Tierra.

Al final los economistas deben ser, tras los de exactas y tal vez los telecos y los automáticos, los más virgueros en habilidades matemáticas de todas las profesiones que en el mundo son. Otra cosa es que todo eso nos sirva para algo. ¿Sirve? Veamos.

De pronto aparecen hechos sorprendentes, algunas contradicciones. No le mareo con todas, que son muchas. Pues resulta que el equilibrio obtenido 1) sólo se da bajo ciertas condiciones, y 2) no es único.

En los años 70 tres matemáticos lograron demostrar que este equilibrio ¡no es único! Las ecuaciones presentan una multiplicidad de estados de equilibrio. Es el denominado teorema de Sonnenschein, Mantel y Debreu, o teorema SMD (360). Podemos invocar aquí la mano invisible de Adam Smith: ¿a qué estado conduce de todos los posibles?

Pero lo más importante es lo primero: estas condiciones para el denominado *equilibrio competitivo* no se cumplen en la realidad ni de broma. ¿Por qué entonces estas ecuaciones siguen fascinando a los economistas, enseñándose en las facultades e influyendo las políticas? La respuesta podría encontrarse en el terreno psicológico. El *equilibrio competitivo* de una economía en crecimiento que estas ecuaciones irreales revelan resulta filosóficamente tan atractivo a estas personas que desearían que el mundo se comportase así, y este deseo acaba superando al más básico de comprender cómo funciona el mundo en realidad. Esta fascinación es tan poderosa que ofusca a muchos economistas teóricos el razonamiento lógico hasta el punto de no distinguir

correctamente entre condiciones necesarias y suficientes, y llevarles a abandonar la cuestión de la estabilidad de los equilibrios (361). Y a difuminar el examen atento del contorno correcto de análisis, el auténtico marco de existencia.

Todo esto es posible que a usted le cueste creérselo, como a mí me ocurrió cuando comencé a sospecharlo. Pero yo le aseguro que es así y le estoy ofreciendo referencias académicas serias donde puede contrastar lo que le estoy diciendo (362-364), que son resultado de lo que me ha costado llegar por mí mismo a estas conclusiones, que había visto en otros. Esto es así, y lo inaudito es que sea realmente así y que el mundo esté funcionando en base a esto. Bueno, al menos por ahora. Por poco tiempo, seguramente.

¿Totalitarismo científico?

Para mí, lo más importante es que todo esto sólo funcionaría (si acaso, aunque seguramente ni así) si usted y yo nos comportamos, siempre, como auténticos *homo economicus* (con la consecuencia cierta de perder todos los amigos). Y la condición más molesta es que todas las personas tengamos el mismo tipo de preferencias.

A partir de los años 70 comenzaron a incluirse las denominadas *expectativas racionales* de futuro (365), que se basan en considerar que el mercado es lo más eficiente que hay, dando así por cierta la denominada *efficient market hypothesis*. El problema de estas expectativas racionales es que no soportan la segunda iteración. Cuando un agente se ve en la necesidad de realizar expectativas sobre las expectativas de otros, el edificio se derrumba. Aparece la inestabilidad (366). Pero esta hipótesis se sigue dando por válida y hasta le dieron hace poco el premio Nobel a Eugene Fama, que fue quien la formuló.

Pues este tipo de modelos, con todas estas limitaciones que tanto los alejan de la realidad, han sido los empleados en política económica y en el sistema financiero desde hace muchas décadas, y lo siguen siendo en nuestros días. Y así nos va. En entradas anteriores hemos visto cómo la *environmental economics* considera cómo todo el mundo, naturaleza y espacio sideral, se encuentra bajo la égida económica neoclásica (o sea capitalista). Algunos encuentran aquí un aspecto totalizante, totalizador.

Así pues, queriendo o no, si uno, junto a la clase política, cree en estos modelos como herramientas válidas de ayuda y desea controlar el sistema económico (y por tanto la sociedad) como pretenden políticos y economistas, supongamos de buena fe, una condición previa es que los humanos adoptemos un funcionamiento que sea acorde con las ecuaciones de partida. Después tampoco acaba funcionando, como sabemos por la experiencia, porque las ecuaciones están mal, son simplificaciones excesivas. Pero esta situación provoca que, en términos culturales, nuestro *homo economicus* resulte implícitamente premiado. Sistemáticamente, digamos. Esto lleva a fomentar el individualismo, a desincentivar la cooperación y a promover una ética de la competitividad no ya entre países u otras organizaciones, sino también, y sobretodo, entre personas. Estas 'necesarias' características se convierten así en el *objetivo implícito* del sistema. No se ve, porque viene de muy atrás, y porque estamos dentro y resultamos así condicionados en la percepción. Pero está, y hay gente a la que le viene muy bien que las cosas sean así.

¿No es esto totalitarismo?

Law and economics



John M. Olin y esposa en acción

El invento por excelencia de esta corriente triunfadora fue el concepto denominado *Law and Economics*, asalto académico a las facultades de economía y derecho, y de rebote a toda la Universidad protagonizado y financiado por John M. Olin cuya fundación, según sus hagiógrafos 'cambió América'. Cazador, fabricante de armas y de papel de fumar, con lo que hizo gran fortuna, John M. Olin financiaba a la CIA a través de una oscura organización denominada Vernon Fund en tiempos del macartismo (367). Pero John M. Olin hizo mucho más que esto. Inundó de dinero las universidades de los Estados Unidos generando la 'counterintelligentsia' conservadora desde Chicago y Yale hasta que se extendió a Stanford, Columbia y el resto.

Esto de la *law and economics* no significa otra cosa que, a la hora de hacer leyes, el legislador debe tener en cuenta, además de la justicia, el impacto económico de las medidas. Es así literalmente como ellos lo definen, y hasta lo bautizan de ética *consecuencialista*, que no es otra cosa que *el fin justifica los medios*. De modo que como usted ya sabe que una función sólo se puede maximizar por una de sus variables, y no por dos a la vez, queda claro que quien va a sufrir va a ser la justicia, que será suplantada por una nueva ética *ex-post*. Ellos lo tienen claro: esta escuela de pensamiento, que se ha impuesto por doquier, considera que las instituciones legales no están fuera del sistema económico, sino que son *variables inherentes* al sistema económico. Luego como tal hay que tratarlas (368). Utilitariamente, se entiende. Si de paso me invento un teorema según el cual lo mejor es que el gobierno no interfiera, pues magnífico. Los muchachos de Chicago hicieron los deberes, y a Ronald Coase le dejaron publicar un teorema que justificaba la no intervención del poder público en la economía[12] para darle más tarde el premio Nobel con el fin de solidificar un poco ideas tan vaporosas. De esta forma consiguieron subvertir el espíritu de las leyes, sustituyendo las consideraciones morales (o al menos una parte de ellas) por criterios económicos de maximización.

¿Y esto no es totalitarismo?

Finalmente, volvamos a la termodinámica. Como he señalado anteriormente, la termodinámica resulta ser, al cabo, un componente fundamental del sistema económico (y de la civilización) incluso más allá de lo imaginado por los primeros economistas entrópicos. La visión más actual y prometedora, desde el punto de vista científico, es la ya descrita que considera a la economía como un *sistema termodinámico disipativo cerrado auto-organizado*, que se encuentra lejos del equilibrio, y que evoluciona *metabólicamente* a base de *dispersar* energía (369-371 todos ellos de origen europeo) y es analizable en términos de la dinámica de sistemas. Todo ello, de forma muy destacada, en base a los trabajos del belga Ilya Prigogine en los años 70 (372).

Negacionismo económico-dinámico

No sé si está lo bastante explícito en el texto, pero lo verá más claro en las referencias si tiene paciencia. Uno advierte inequívocamente cómo, desde mitad de los años 70, la metodología de la dinámica de sistemas aplicada a distintos ámbitos climáticos, económicos, sociales… ha sido desarrollada en Europa (no mucho, por otra parte) y muy poco en los Estados Unidos. Y es que este ámbito sistémico podría haber dejado de ser tomado en consideración, o sea financiado, por la investigación pública de ese país (373) y resultar limitada en el resto del mundo por un cierto efecto de contagio. El comienzo del quasi-silencio en los Estados unidos coincide con la publicación de LLDC en 1972 y con sus correspondientes negaciones organizadas. Primero fue el macartismo, y son ahora, desde los 70, las grandes empresas y los *free-market think-tanks*[13], con técnicas más refinadas y menos descaradas, quienes parecen empeñados en insertar controladores en múltiples ubicaciones del sistema socioeconómico que, de paso, controlen nuestra percepción del sistema social.

En todo caso esta hipótesis, que también sugiere Ugo Bardi (374), bien merecería una tesis doctoral que la confirme o desmienta. Yo no me atrevo hoy por hoy a afirmar más que la simple sospecha de mero conocedor con cierta profundidad de cómo se las gasta el negacionismo en general, como saben los lectores asiduos de este blog.

En la próxima entrada veremos qué influencia tuvieron estas fuerzas en el negacionismo hacia LLDC.

Examinar referencias

Notas al pie

[1] Esta economía no es computable (375) … La economía necesita una revolución científica (221)
[2] Aquí un *paper* introductorio pensado para físicos en proceso doctoral (316), pues en el currículum regular de los licenciados en esas ciencias no se lo enseñan
[3] Regulador PID: Proporcional – Integral – Derivativo
[4] DICE: Dynamic Integrated Climate Economy model
[5] Sistema ergódico: Un sistema es ergódico si el único conjunto invariante de medida no nula de la hipersuperficie de energía constante del espacio de las fases es toda la hipersuperficie de energía constante (377)
[6] Hay un único intento (que yo conozca) de hacer creer que el mercado ya tiene en cuenta las leyes de la termodinámica que resulta un tanto rebuscado y muy forzado y duro de redacción. Su título es *Thermodynamics on Main Street: When entropy really counts in economics* (378)
[7] ¡Jesús odia los impuestos!
[8] Según Kuznets, el proceso de enriquecimiento de un país permite, a partir de cierto punto, disminuir el

impacto ambiental. Pero su análisis, aparte de ser una ficción estadística (347) no se cumple ni para todos los contaminantes – ej: CO_2 – ni en todos los países. Ni además, allí y en los contaminantes donde se cumple, es porque los exporta a otros países. Finalmente, aun cuando fuera cierta, el máximo se produciría en todo caso demasiado tarde (379)
[9] Lo pequeño es bello: economía como si la gente importara
[10] Niño Becerra también acertó bastante
[11] Pero, muy importante, no se influyen mutuamente desde el punto de vista de su comportamiento futuro, es decir, no hay realimentación entre las personas
[12] Este 'Coase theorem' no se lo creen ni ellos, porque las exigencias para su cumplimiento son tan exigentes que son de todo punto irreales. Para que se cumpla es preciso, entre otras cosas, que seamos todos homo economicus, que todos tengamos información perfecta (de los precios *presentes y futuros*), que los mercados sean de competencia perfecta y que no haya costes de transacción. A pesar de ello ocupa una posición de privilegio en la base argumental del contramovimiento desregulador y antiestatista
[13] Institutos de opinión promotores del libre mercado

7: Las (no) previsiones del Massachusetts Institute of Technology

01/01/2015 por Ferran P. Vilar

"Me da lo mismo si tiene usted razón o no. ¡Los resultados son inaceptables!"[1]



Monumento en recuerdo del holandés Sicco Mansholt, presidente de la Comisión Europea en los años 70, quien asumió los resultados de LLDC, pero sólo durante unos meses

Índice de la serie y enlaces

Cuenta James Forrester, el padre del modelo World3 de LLDC, que le respondían cuando mostraba algunas conclusiones poco vendibles del análisis dinámico que había

hecho de una economía urbana mediante la dinámica de sistemas (380). Esta expresión refleja una parte de las críticas que recibe el método por parte de aquellos a quienes los resultados no complacen.

Por su parte, las reacciones favorables a LLDC tras su publicación no fueron muchas, pero sí de alto nivel. Por ejemplo Sicco Mansholt, quien fuera a primeros de los 70 el arquitecto de la política agraria común de los seis países de la entonces Comunidad Económica Europea, escribió a Franco Maria Malfati, presidente de la Comisión, una carta en los siguientes términos:

"¿Qué podemos hacer en tanto que 'Europa' y qué debemos hacer para evitar que la máquina 'gripe'? Los problemas son tan fundamentales, tan complejos y tan estrechamente relacionados que podemos preguntarnos: ¿Hay realmente algo que hacer? ¿Puede Europa intervenir? ¿No es esta una tarea que concierne al mundo entero?" (381)

No le siguieron. El vicepresidente económico era Raymod Barre, traductor de Frederik Hayek al francés. El presidente francés Giscard d'Estaign no tardó en afirmar que no quería convertirse en un 'objetor del crecimiento' (382). Se da el caso de que al año siguiente Mansholt accedió a la presidencia de la comisión (eran otros tiempos). Pero apostó por el crecimiento.

Hay formas más suaves de expresar lo mismo que la frase que encabeza el texto, incluso más llenas de contenido:

- "No hay diferencia alguna entre que esté usted en lo cierto o no… ¡ni políticos ni residentes aceptarán nunca esas ideas!" (383)

El caso es que ideas inaceptables acompañadas, por si acaso, de un montaje negacionista organizado, se convierten en más cuestionadas, más dudables, que no es otro el objetivo paralizador de esas campañas (384). Y es que LLDC fue, y sigue siendo, objeto de un ataque organizado similar al que después hemos contemplado, y seguimos sufriendo, todavía hoy, en el terreno climático.

Críticas y negacionismos a LLDC

Las críticas a LLDC fallaban estrepitosamente como mínimo por desconocimiento del método y consiguiente error de perspectiva (385). Esto fue así incluso en el caso del intento de evaluación más aparentemente honesto, realizado por *el Sussex Group*, y publicado al año siguiente bajo el título *Models of Doom*[2] (386). Acusaban a LLDC de haber partido de hipótesis *ricardistas* y, por tanto, de obtener conclusiones *ricardistas* para las que no es necesario emplear un ordenador. Sin embargo, no se manifestaban sobre la validez de las tesis de David Ricardo ni sobre la influencia global de la ley de los rendimientos decrecientes (387).

Nordhaus en Marte y Krugman en la luna

Por su parte, al irreductible economista 'climático' William D. Nordhaus los resultados no le encajaron con su visión crecentista de la economía. No le gustaron nada, nada. Nordhaus reflejó elocuentemente su desconocimiento de la dinámica de sistemas al pretender aislar los subsistemas sin considerar el conjunto (cambió, tramposa o

inconscientemente, las condiciones de contorno) y emplear el modelo de causación lineal, inaplicable en este paradigma (388-391). No sólo eso, sino que creyó que el modelo no había sido calibrado con la realidad histórica – señal de que no se había molestado en examinarlo – y tituló su crítica *measurement without data*[3] (392), cosa que tuvo cuidado de no repetir en andanadas ulteriores. Conviene también saber que la respuesta de Forrester a las críticas de Nordhaus no tuvo cabida en la revista donde se produjo el primer intercambio y el posterior debate (The Economic Journal), debiendo ser publicada en una de segunda fila (393,394). Algunos dicen ahora que eso era porque estaba mal, pero ya puede imaginarse que no fue éste el motivo real, sino el hecho de que se pudiera decir (¡tantos años después!) que era porque estaba mal. Insisto: no porque lo estuviera, como no tardaremos ya en ver.

Tras analizar con algún detalle las críticas de Nordhaus, Ugo Bardi, catedrático de química de la Universidad de Florencia y miembro actual del Club de Roma, señaló en 2011 que:

“Parece claro, a partir de esta discusión, que Nordhaus, en su crítica al libro de Forrester, había omitido algunos puntos básicos de los modelos y de los propósitos del modelado del mundo según la dinámica de sistemas. Desafortunadamente, sin embargo, el artículo de Nordhaus en 1973 dejó una gran impronta en el subsiguiente debate, debido en parte a la reputación de Nordhaus y en parte al hecho de que la respuesta de Forrester… no fue ampliamente conocida.” (395)



Ugo Bardi, de la Universidad de Florencia, revisor de LLDC en 2011

A Nordhaus esto de los límites nunca le ha moderado demasiado. Hijo académico de Paul Samuelson publicó, en 1973, un año después de LLDC, un extenso *paper* bajo el título *The Allocation of Energy Resources*[4]. Este profeta aseguraba por entonces que la tecnología todo lo podía. Para él, la ‘solución definitiva’ (*backstop technology*) residiría en la energía nuclear, que en el año 2000 ya estaría proporcionando toda la electricidad del mundo a partir de reactores reproductores (*breeder*). Alrededor de 2050 la energía nuclear abarcaría también todo el consumo de calefacción, y en 2100 absolutamente toda la energía producida sería de origen nuclear. Por tanto, para Nordhaus la

preocupación por la escasez energética no tiene sentido (396). Y con esta idea se han quedado muchos, encantados de ser economistas y no geólogos o ingenieros.

Es interesante observar como el propio Nordhaus manifestó, veinte años más tarde, no haberse enterado del todo de qué iba World3, a pesar de haberlo criticado (397). Por entonces ya había olvidado las referencias personales a los autores, a quienes había acusado de 'falta de humildad' (398) por querer mirar tan adelante en el tiempo, mientras él hacía lo propio con la energía. Paul Krugman retomó en 2008 el aspecto personal al referirse a la 'arrogancia' del grupo del MIT (399).



Krugman, por muy icono social-liberal neokeynesiano y premio Nobel que sea, yerra escandalosamente al desacreditar a LLDC y retomar hace bien pocas semanas esas antiguas objeciones de Nordhaus a LLDC como si fueran válidas (400), cuando lo cierto es que el propio Nordhaus no volvió a emplear el argumento de la falta de datos cuando supo que World3 si había sido calibrado con datos reales. Lo de Krugman es magnífico, pues después de quejarse de que algunos físicos consideraran ignorantes a los economistas, pone un ejemplo de desacoplo de actividad con respecto a la energía (401) creyendo 1) que ésta es la única limitación existente (402) y 2) que los barcos se fabrican sin energía, problema evidente de no examinar las cosas desde la dinámica de sistemas o de no tener bien puestas las luces largas (403). Exhibe de paso una arrogancia epistemológica que clama al cielo por su inversionismo y visión incompleta de la realidad. Ya ve que las acusaciones de arrogancia son mutuas (404). Para Krugman, el modelo World3 es un modelo *garbage in, garbage out*[5].

Estamos pues frente a una nueva muestra de desconocimiento de la metodología, inducido por el negacionismo que a todas partes alcanza. Y es que, ciertamente, algunas disciplinas parecen exhibir una arrogancia muy por encima de la calidad de sus resultados.

Los profesionales del no

Más profesionalmente, a lo relaciones públicas (PR), propagandistas anarco-capitalistas entrenados para la labor – y a su vez inveterados negacionistas climáticos de pro – tipo Ronald Bailey[6] (405) o el falso 'economista escéptico' Bjørn Lomborg[7] aplicaban alrededor de 2000 la eficaz táctica de hacerle (pre)decir a LLDC cosas que el original no (pre)decía (406-408), con el único fin de poder afirmar que no se habían cumplido, generar confusión sobre el conjunto y neutralizar así la percepción de sus resultados (409,410). En 1987 ya había empezado con la cantinela un tal Adam Smith, seudónimo

de George J. W. Goodman, en el New York Times (411). Estos mensajes son originados en organizaciones financiadas por las mismas empresas que se anuncian en los medios, lo que les otorga una difusión preminente con respecto a las respuestas u objeciones procedentes de otras fuentes.

También lo hizo ExxonMobil directamente:

"En 1972, el Club de Roma publicó Los Límites del Crecimiento, que ponía en tela de juicio la sostenibilidad del crecimiento de la economía y la población. Los Límites del Crecimiento calculaba que ahora mismo estaríamos asistiendo a un declive de la producción de alimentos, de la población, de la disponibilidad de energía y de la esperanza de vida. Ninguno de estos fenómenos ha empezado siquiera a producirse, ni existe ninguna perspectiva inmediata de que vayan a hacerlo. Así que el club de Roma se equivocó." (412)

Este 'The Club de Rome was wrong[8]' se convirtió desde entonces en un latiguillo tan eficaz como falso.

Más cerca de casa, el actual presidente de la patronal española, CEOE, afirmaba en 2007 en su libro *¿Y después del petróleo qué?* lo siguiente:

"El prestigioso Club de Roma, formado por científicos, políticos e investigadores, a principios de la década de 1970 cometió el atrevimiento de pronosticar el final del petróleo hacia 1992." (p. 80) (413)

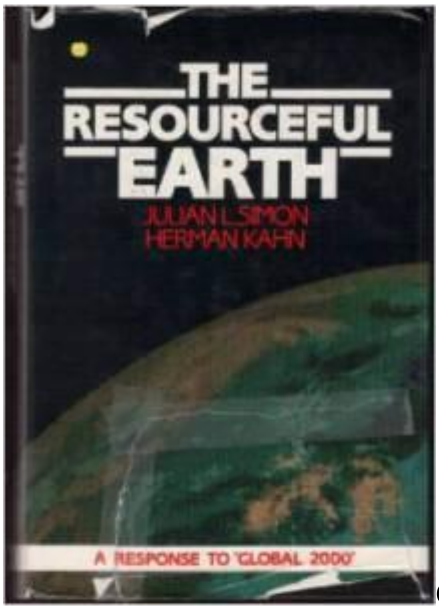


Joan Rosell, presidente de la patronal española CEOE, opina sin fundamento

Cosa manifiestamente falsa, sólo comprensible desde una información sesgada recibida de terceros. Además el Club de Roma es principalmente un grupo de empresarios. O sea: no se lo ha leído, porque LLDC no habla del petróleo en ningún momento sino de una agregación de 'recursos' que, por cierto, no se acabarían hasta finales del siglo XXI. Es interesante observar cómo ha llegado a germinar este argumento, esta falsedad, que se encuentra incluso hoy generosamente repartida por el ciberespacio con gran profusión mientras que por aquél entonces no había Internet ni nada que se le pareciera.

Julian Simon y sus apuestas

El *cornucopiano*[9] Julian Simon, entonces en el *think-tank* Heritage Foundation (414), sede del fundamentalismo cristiano más poderoso del mundo (415), y después en el libérrimo Cato Institute donde anidó el economista ultraliberal Xavier Sala i Martín, afirmaba que no había límite alguno, y que la población mundial podría crecer al 1% anual durante siete mil millones de años (!) (416). Lo dijo (lo escribió) a saco, sin haberlo calculado, pues de haberlo hecho se habría dado cuenta de que no bastaría con colonizar todo el espacio sideral, pues tamaño crecimiento llevaría el número de habitantes planetarios a ser 35.000 órdenes de magnitud mayor que el número total de átomos del universo (417). No digamos ya la producción industrial. Convendrá conmigo en que resulta intrigante que, a pesar de decir sandeces de esta magnitud, Simon fuera elegido en 1995 miembro del comité de gobierno de la *American Association for the Advancement of Science* (AAAS).



Como reza el subtítulo de su más famosa obra, *The Resourceful Earth: A Response to Global 2000*, se trataba de una respuesta directa al informe *Global 2000 Report to the President of the United States*, a la sazón Jimmy Carter, encargado por él mismo. Pero indirecta a LLDC. Y es que el Global 2000 Report había llegado a conclusiones similares a las de LLDC, empleando también un modelo propio basado en dinámica de sistemas. Concluía en 1980 que:

“El Informe Global 2000 no es una predicción del desastre. Es, no obstante, una proyección de las condiciones que pueden desarrollarse en el mundo a finales de siglo si estos problemas tan reales son ignorados.” (418)

Este inacabable Simon fue el que hizo una apuesta con el ecólogo Paul Ehrlich acerca de la evolución del precio de los recursos, y ganó. Ehlrich no había previsto la escala a la que los combustibles fósiles llegaría a ejercer de abono, dando lugar a la (mal) denominada ‘revolución verde’ (419). Hoy no hubiera perdido (420), y tampoco lo hubiera hecho entonces de haber tomado un intervalo de tiempo algo mayor que el de la apuesta. Pero erró de forma algo infantil, los de siempre no paran de repetirlo, los demás no dejamos de oírlo y muchos siguen creyendo en la ‘ciencia’ de Simon.

Este resultado fue celebrado por el costado productivista como una bomba nuclear lanzada sobre el enemigo, e interpretado como una confirmación de la supremacía de la idea del crecimiento sin fin posible. El bando conservador aprovechó esta circunstancia

en el terreno de la información y el adversario quedó perplejo, sin capacidad de reacción. Hasta el punto de que todavía vive acomplejado sin atreverse a reafirmar con contundencia aquello de lo que está seguro, aquello que no ha sido posible desbancar argumentalmente, sino que sólo ha triunfado en el terreno de las apariencias.

Filofascistas

Otros eran más payasos, como el filofascista confeso Lyndon LaRouche, afirmando en American Mercury que:

"Este curioso Club de Roma ¿[es] sólo una banda de pedantes aburridos, o son una siniestra camarilla deseosa de controlar el mundo?" (421)

LaRouche defendió que no hay límite alguno al crecimiento y que el Club de Roma pretendía la exterminación de las 'razas más oscuras'. Por su parte, Milton Friedman, el que decía que una teoría económica no necesita fundamentación pero defendía que tiene la misma o superior validez que cualquiera de las ciencias físicas – pues le basta con que *funcione* (422) – calificó los resultados de LLDC en 1995 de 'estúpidas proyecciones' (112,423).

La cámara de resonancia, formada por los sospechosos habituales, se encargaba del resto, por ejemplo a través de The Economist, engañando miserablemente a sus lectores con su 'Club of Rome was wrong' (424) cuando de ninguna manera es posible afirmar tal cosa … por lo menos todavía. Y, como queda ya poco por ver, hay muchos más indicios de que estuviera en lo cierto que de lo contrario.

Ataques desde el otro flanco

El negacionismo hacia LLDC no procedió sólo de aquellos que veían peligrar sus negocios en expansión o de quienes creían ver una conspiración de la ONU, o de quienes se negaban a aceptar que las matemáticas contradijeran su ideología o de quienes veían su profesión amenazada por extraños, o simplemente veían cuestionada su cosmovisión. O a quienes encontraron calidez entre los suyos por decir lo que decían, lo creyeran o no.

FB DESDE 1963 | FUNDACIÓN BARILOCHE

El *Sur* reaccionó. La intelectualidad de Latinoamérica era potente y competente, y recibía soporte institucional. Amílcar Herrera, un científico humanista argentino de la Fundación Bariloche, rehízo World3 en 1977, cuyas conclusiones consideraba demasiado próximas a las premisas del *Norte*, y bautizó su modelo como 'Modelo Mundial Latinoamericano' (425). Su intención era descartar la posibilidad de colapso. No lo consiguió, a pesar de haber partido de unas premisas optimistas próximas a la fantasía (426).

También buena parte de la izquierda lo rechazó, sosteniendo que se pretendía culpabilizar a los pobres por su mayor fecundidad y que todo ello no era más que un contubernio de las clases dirigentes para controlar el mundo (427). Se ha sugerido (y yo

me lo creo, aunque no tengo datos sobre este caso concreto) que estas acusaciones procedían, en realidad, de los aparatos de propaganda de las grandes corporaciones (428).

Aplicando la máxima de matar al mensajero, los relaciones públicas atacaron también al Club de Roma. Sus miembros fueron acusados de participar en una conspiración masónica, de ser Illuminati, de ser Comité de los 300, de estar pagados por la Trilateral, etc. Y de genocidas, por haber creado el virus del SIDA (429). Nada de esto soportaría el más mínimo escrutinio. En el terreno climático al imbécil de James Delingpole (The Telegraph, de Rupert Murdoch) se le permite publicar que ‘no hay bastantes balas para matar a todos los ocupados por el cambio climático’ (430). Marc Morano, el que fue asistente de quien acaba de ser nombrado presidente del Comité de Asuntos Ambientales del congreso estadounidense, quería ‘flagelar públicamente’ a los científicos del clima. Glenn Beck, a través de Fox News (Rupert Murdoch) les pedía en 2010 que se suicidaran (431). Pues a los autores de LLDC hay que matarles, cortarlos en pedazos y enviarlos a bancos de órganos (432); eso se dice en Internet. Así es el ala más dura del negacionismo organizado, que procura cubrir todos los flancos. Y así estamos.

En todo caso los soviéticos al completo y algunos marxistas occidentales defendían que no podía haber límites físicos, pues todo obstáculo al progreso era de origen puramente social (433). Dar esta afirmación por cierta nos llevaría a la posibilidad de negociar, además de la distribución de la riqueza, también las leyes de la física, cosa que me legitima para albergar cualquier deseo. Por ejemplo sería interesante saber en qué modelo de sociedad podría yo teletransportarme cuánticamente. Por su parte, la invitación implícita en LLDC a limitar la población mundial hizo que la Iglesia tampoco viera con buenos ojos el documento (434). Dios proveerá, debieron pensar los señores obispos. Y así, con todos los poderes en contra, LLDC no prevaleció.

Ocurre que LLDC apareció en 1972, momento cultural en que la confianza en la tecnología era máxima y existía la creencia generalizada de que no había reto que la humanidad no estuviera en condiciones de superar. Hacía poco tiempo del primer paseo lunar, y la electrónica de estado sólido comenzaba a ofrecer sus espectaculares frutos. La TV comenzaba a mostrarnos un mundo en colores. Por aquél entonces la energía era baratísima, apenas era un coste, y la había en abundancia. En todas esas circunstancias el mensaje de limitación era antiutópico, y resultaba hereje para muchos. Desde luego para el poder económico, que acababa de decidir que la ideología de mayo de 1968 en general, y el movimiento progresista y ecologista en particular, que les imponían límites, eran los enemigos a batir (435).

El ‘Manifiesto Powell’ de 1971, originado en la Cámara de Comercio de los Estados Unidos, seguido en 1978 por el ‘El momento de la verdad’ de William Simon – el artífice declarado de la ‘counterintelligentsia’ (436) – convencieron a aquellos que estaban en condiciones de activar los mecanismos necesarios. Y significaron la señal de salida del contramovimiento de los ricos, en lo que ha sido calificado como un ‘golpe de estado incruento’ en el que las grandes corporaciones y fortunas acabaron haciéndose en poco tiempo con el control del destino (437).



Festival de Woodstock, 1969

Y como en estas cosas el componente emocional también cuenta, yo tengo para mí que el festival de Woodstock del verano de 1969, cumbre que lo fue del movimiento hippie en pleno Nueva York, horrorizó de tal modo a la derecha bienpensante que la predispuso al combate. Comenzaron por la base: la escuela y la universidad. Y les llevó siete años, siete (438), aunque su objetivo último se dirigía a una generación vista (439,440), que ya tenemos aquí. Su éxito: la orientación cívica de las personas más jóvenes es mucho menor ahora que hace 30 años (441). Y, mientras esto escribo, los niños, jóvenes de mañana, estarán escuchando miles de veces al día, vía cancioncita de película infantil de éxito, el mantra: 'let it go, let it go'[10], no te comprometas.

Comenzó entonces la expansión de los *think-tanks* que consiguieron llevar primero a Margaret Thatcher y después al actor Ronald Reagan al poder en los 80. Poco más tarde, estas organizaciones se dedicaron, entre otras muchas fechorías, al negacionismo nicotínico primero y al climático después, pasando por todos los demás. De modo que aplicaron a LLDC la misma medicina que habían aplicado a Rachel Carson en 1962 cuando publicó La Primavera Silenciosa, primer llamamiento mundial a considerar límites ecológicos (442). Y así se iban entrenando para futuros negacionismos, que iban a requerir más elaboración. Con todo, el que más ha triunfado ha sido el *negacionismo económico*. Ha triunfado hasta tal punto que, siendo hegemónico, se le sigue teniendo por 'lo ortodoxo'. Realmente, puede cantar victoria.

Pueden cantar victoria las 700 personas que controlan el 80% de las empresas transnacionales, y las 85 personas cuya riqueza equivale a la de la mitad más pobre de la humanidad, 3.500 millones de personas. Y son tan hábiles que han conseguido calificar de *demagogia* estas afirmaciones y hacer que muchos de los afectados lo tomen como tal.

Algunas de estas negaciones de LLDC, y muchas cosas más, las cuenta detalladamente Ugo Bardi en su libro *Los límites del crecimiento retomados*, prologado por Federico Mayor Zaragoza y con epílogo de Jorge Riechmann, que ha visto hace poco la luz en lengua española y que recomiendo vivamente (385).

Nuestros negadores patrios

Juan de Ortega y Politikon

En España muchos siguen descreídos. El equipo de la web Politikon que, según se afirma, responde al nombre de Juan de Ortega, cuenta entre sus filas con Kiko Llaneras,

Politikon doctor en automática y que se dedica a la biología computacional. Es realmente sorprendente que un automático suscriba (o parezca suscribir) la siguiente afirmación, publicada el pasado mes de julio en ocasión de un debate a partir del manifiesto 'Última Llamada'. Habla Juan de Ortega, un seudónimo:

"Quiero dejar claro que la opinión de la profesión sobre Los límites del crecimiento es que oscila entre una asombrosa incompetencia y el fraude; y lo es porque se trata de una ensalada de curvas exponenciales y condiciones lineales de dependencia, realizadas sin el menor esfuerzo de descripción realista de los mecanismos de ajuste entre ellas… Las previsiones del modelo fueron un desastre, y en general de todo aquello hoy no queda nada, porque tampoco había nada al principio. Nordhaus le dedicó un *paper* bastante definitivo en 1992, aunque la mera descripción del modelo demuestra que se publicó como libro porque no pudo pasar ninguna revisión por pares." (443)

Lo de qué cosa queda lo veremos pronto en esta serie de textos, y nos daremos cuenta de que no es poco. Entretanto parece claro que Ortega se refiere a la profesión de los economistas ortodoxos, y que este párrafo hubiera resultado algo más moderado de habérselo consultado a Kiko si éste hubiera querido hacer valer su formación de base. Por ejemplo, lo de las condiciones lineales de dependencia muestra que no habla con fundamento suficiente, y que además lo hace por boca de terceros. Sospecho que lo mismo aplica a las 'relaciones de dependencia', aunque en este punto sería legítimo cuestionar tal o cual ecuación del modelo, cosa que en ningún momento hace ni he visto que se haya hecho en ningún foro donde se expresan los 'ortodoxos'. Y ello en los más de 40 años transcurridos.

Lo de Nordhaus ya se lo he contado, y lo de la muralla de la revisión por pares también lo he sugerido. Por lo demás, que Juan de Ortega y compañía – grupo ultraliberal del que es notable su forma de debatir de expresión serena y paciente, por lo menos por escrito, poco habitual en estos ambientes – considere que LLDC oscila entre 'una asombrosa incompetencia y el fraude' no hace más que confirmar el búnker mental de esta profesión, de ósmosis próxima a cero.

Después de tomarse la licencia de afirmar que LLDC es una *payasada,* sostiene Ortega:

"Otro ecologismo también es posible." (443)

Toma. Creer que LLDC es *ecologismo* es un error conceptual grave[11], que muestra bien a las claras la eficacia del negacionismo en general y de los bulos interesados en particular – que para eso están. Lo único que permite relacionar LLDC con el ecologismo es que apareció en un momento en que comenzó en todo su esplendor el contraataque empresarial al ecologismo de la época, sucesor del macartismo. O que algún ecologismo político toma la visión sistémica como base de su argumentación. Pero LLDC es un mero modelo matemático basado en parámetros físicos, que no fue financiado por *ecologistas,* ni verdes por fuera ni rojos por dentro.

También podría haber dicho que otro comunismo es posible, porque si bien los marxistas del politburó advirtieron amenazas ideológicas otros comunistas menos institucionales, como los españoles Manuel Sacristán o el transformista Ramón Tamames, lo asumieron y reflejaron en su día su preocupación (25).

Con todo, no deja de sorprender que Juan de Ortega, en estas condiciones cognitivas, manifieste cero preocupación por el problema energético pero si alguna respecto al cambio climático:

“Lo que nosotros defendemos es que la plasticidad de la economía mundial, su capacidad de respuesta a las señales de precios, y una serie de afortunadas coincidencias económicas y geológicas hacen que el problema de los recursos naturales sea prácticamente un no-problema, o al menos solo lo sea en la medida en que se dé la desafortunada coincidencia de que la sensibilidad climática a las emisiones de CO_2 sea más alta de lo que hoy se cree.” (443)

Ah, bueno. Si la sensibilidad climática es la que hoy se cree, tranquilos, no hay coincidencia desafortunada, no pasa nada, otro no-problema. Mira por dónde respiran estos hiperinformados alter-ecologistas.



S. Fred Singer, negacionista climático, del daño del tabaco, de la influencia de los CFC en la capa de ozono, etc., que lideró el ataque a LLDC ya en 1972

Sus fuentes de información están sin duda severamente sesgadas. Acabo de enterarme de que quien lideró el contraataque a LLDC, ya en 1972, fue S. Fred Singer, uno de los negacionistas profesionales de todo, y sobretodo climáticos, que tenemos bien identificados y puestos al descubierto en este blog[12]. Para Singer todo era un cuento chino, porque los suministros de energía son ilimitados, no cuestan apenas nada y es posible desalinizar toda la mar salada si no llueve lo suficiente (444).

Bruno el descreído

El ejemplo ibérico más lacerante es el que nos muestra Bruno Estrada, director de estudios de la Fundación Primero de Mayo, quien afirma el ElDiario.es, poco antes del consabido argumento falaz de la cantidad de energía que el planeta recibe del sol (ver más adelante) y de acusar al maltusianismo de no haberse enterado de nada (hemos visto por Turchin que se enteraba por lo menos de la mitad) que:

“La segunda ley de la termodinámica no puede considerarse un corsé rígido sobre el crecimiento económico, ya que la condición para que se cumpla dicha ley es que no tiene que haber fuentes externas de energía.” (445)

FUNDACIÓN 1º DE MAYO
CENTRO SINDICAL DE ESTUDIOS

Es curioso, y ligeramente irritante, que a alguien le dejen publicar esta barbaridad desde una tribuna que pretende cierta autoridad en la materia. Pedro Prieto (446) y Margarita Mediavilla (447), han respondido con más ironía que irritación, pero a mí me solivianta un poco más. Decir esto es como decir que la ley de la gravedad sólo se cumple en la Tierra. Esta afirmación de la segunda ley de la termodinámica no es cierta de ninguna manera. Yo, cuando escribo algo de lo que no estoy seguro, o bien lo compruebo más tarde o bien se acaba cayendo del texto definitivo. Otros parecen ir más a saco, sin límites.

Pocas leyes hay tan universales como las de la termodinámica. Se cumplen bajo cualquier condición, aquí y en la galaxia más remota, y se cumplirán (presumiblemente) por toda la eternidad aunque no quede un solo humano sobre la Tierra y la vida se haya extinguido. Una de las magias de la humanidad consiste precisamente en haber dado con este tipo de leyes universales y haberlas postulado correctamente.

Bruno intenta reforzar su argumento así:

“Estos son los límites del decrecimiento: considerar a la biosfera como un sistema casi cerrado, cuando recibe anualmente aportaciones de energía provenientes del sol superiores en cinco mil veces el consumo energético de la humanidad.” (448)

Yo no sé lo que es un sistema casi cerrado, pero sí sé lo que es un sistema termodinámicamente cerrado, que es a lo que se refiere Bruno[13]. Precisamente un sistema que no intercambia materia con el exterior, pero sí energía. Un sistema abierto intercambia además materia. El planeta es un sistema cerrado (bueno, casi, por lo del polvo interestelar que llega). También es posible que sea economista y entienda por cerrado que no es previsible, que los precios del futuro no están determinados, que es una de las confusiones terminológicas interdisciplinares que he descubierto hace poco.

Vemos pues una vez más la irrealidad en la que se ha instalado la izquierda tradicional. Aquí nadie está libre de errores perceptivos, pero cabría exigir un mínimo de rigor analítico. Concluye Bruno:

“La ideología, una vez más, se impone a un análisis certero de la realidad.” (448)

Vale.

Disonancias romanas

No hombre, no crea que el Club de Roma (re)negó del trabajo que en su día financió. Ni mucho menos. El Club de Roma nunca se ha desdicho en los más de 40 años de ejercer

de *sparring*, y sus motivos debe tener. Es más: cuando en 1975 encargó a Jan Tinbergen una continuación de LLDC, y les salió por lo crecentista, le retiraron su confianza poco después (449,450).

Pero tampoco el club ha sido especialmente activo en su defensa. ¿Por qué? En mi opinión el motivo es claro: el Club de Roma se encuentra atrapado en sí mismo, vive en disonancia cognitiva. Y así sigue, intentando en los años 90 'factores 4' en plan *environmental economics* y capitalismo *natural* (451), al tiempo que sigue participando en seminarios donde se ratifica en los mensajes centrales de LLDC (puede encontrar aquí una excelente y exhaustiva crónica de la jornada del 18 de noviembre de 2014 en Barcelona).

En todo caso una conclusión bastante obvia de LLDC es que (ya) no se puede crecer. Y que si se hace, a algún plazo se decrecerá, pero a lo bestia. Y que más dura será la caída cuanto mayor sea el empeño que se haya puesto en mantener el crecimiento una vez superado el umbral límite.

El Club de Roma está formado por empresarios. No son los empresarios ultraliberales y fundamentalistas del mercado al uso. Pero como tales están obligados a crecer, por lo menos en beneficio. Porque en el mundo actual, en el régimen capitalista, si no se crece, se muere. No hay madurez, solo infancia y alguna adolescencia, que es donde están instalados estos empresarios pioneros, por lo menos mentalmente. Pero no pueden hacer abstracción de su entorno, desde luego no del biofísico a medio plazo, y mucho menos del económico y financiero a corto plazo, a pocos meses, que es cuando hay que presentar resultados a la Comisión Nacional del Mercado de Valores.

Artur Melvin Okun ya demostró que, en el capitalismo, sólo era posible mantener el empleo mediante tasas de crecimiento del 2,5-3% (que ahora podría ser menor a base de reducir las horas trabajadas). Es la llamada ley de Okum, de base meramente empírica. Y yo afirmo que si no aumentara el PIB a medio plazo, o no se vislumbraran perspectivas de ello por lo menos a largo, el sistema financiero no puede funcionar como lo está haciendo, y que por tanto *colapsaría*. Si no se pueden pagar los intereses, ni los capitalistas ni las instituciones van a prestar dinero. Vamos a ir viendo si este escenario es verosímil o no, o hasta qué punto, y cuándo.

Creo que me he expresado lo suficiente, y volveré sobre ello al final. Quienes negaban LLDC sabían lo que se hacían. No estaban criticando un modelo matemático. Negaban la demostración fehaciente de la imposibilidad física de la existencia (futura) de su modelo económico preferido. LLDC les decía, matemáticamente, que es inviable. Y hasta ahí podíamos llegar.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

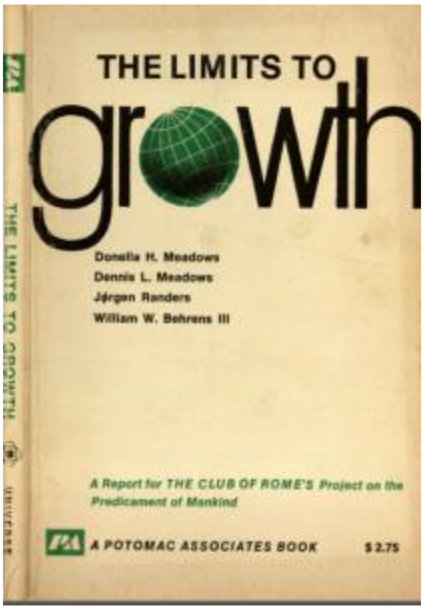
Notas al pie

[1] Jay W. Forrester (1989) – The Beginning of System Dynamics (383)
[2] Modelos de ruina, de maldición
[3] Mediciones sin datos
[4] La asignación de los recursos energéticos
[5] Basura de entrada, basura de salida
[6]Reason Foundation, *free-market think-tank*, autor del libelo *Eco-Scam: The False Prophets of the Ecological Apocalypse* (452)
[7]Copenhagen Consensus Center (Washington). Está acreditado que Bjorn Lomborg cobró, sólo de su fundación sin ánimo de lucro, y sólo en 2012, nada menos que $775.000 (453)
[8] El Club de Roma estaba equivocado
[9] Cornucopiano: persona que cree que la tecnología todo lo soluciona
[10] Déjalo estar, déjalo estar
[11] Según definamos ecologismo, pues algun revisor de este texto ha objetado esta afirmación[12] Si bien no para el caso de este personaje en concreto
[13] El concepto de abierto-cerrado en economía es distinto al físico. En un sistema (económicamente) cerrado, se conocen todos los precios futuros de todos los productos (454)

8: Los mensajes (auténticos) de 'Los Límites del Crecimiento'

02/01/2015 por Ferran P. Vilar

"Pase lo que pase en el futuro, sabemos que las principales dimensiones de lo que ocurrirá se harán visibles en los próximos dos decenios."[1] (LLDC-30, 2004)



Índice de la serie y enlaces

He insistido en la aplicación de la teoría de sistemas a las ciencias sociales más que nada para atraer la atención de las personas con esta inclinación, y llevarlas a la convicción de las bondades del método también en su terreno, tanto cualitativa como cuantitativamente. Sin embargo, aun cuando se suele considerar el modelo World3 como una aplicación en ciencias sociales (economía), se trata en realidad de un nuevo error de percepción. De hecho, las variables con las que trabaja World3 son físicas (455), y las relaciones entre ellas responden a las leyes de la física (y a las de la lógica). Podemos pues considerarlo un modelo de ingeniería, un modelo socio-técnico. En este sentido, dotado del mejor poder de predicción hoy posible.

Lujo generacional

Convengamos por un momento en que las civilizaciones han presentado históricamente un patrón de evolución común, un ciclo característico, y que responde a lo que *hemos visto* que han establecido Korotayev, Turchin, Tainter y compañía sin que nadie, hasta hoy, haya desafiado sus reflexiones con fundamento. Supongamos también que su modelo es aplicable a la civilización global actual.

Démonos cuenta de que, gracias a ellos, somos la primera generación capaz de examinar en qué punto del ciclo nos encontramos, de poder ubicar la posición de nuestra generación en el eje temporal (456). Es una auténtica fortuna y un logro extraordinario pues, en principio, ello nos debería permitir anticiparnos a los momentos más duros ejerciendo nuestro libre albedrío y así nuestra capacidad de intervenir – o al menos influir en esa situación si lo creyéramos oportuno, insertando los controladores adecuados. Si ello no fuera posible nos encontraríamos en la necesidad de alterar su estructura, con el fin de minimizar los daños. Habiendo decidido previamente qué parámetros queremos maximizar.

El modelo World3 de LLDC fue calibrado de modo que reprodujera la realidad entre 1900 y 1970, y efectuara una proyección de las variables consideradas hasta 2100 bajo distintos escenarios posibles[2]. Dichas variables son: población, la producción industrial per cápita, producción alimentaria per cápita, contaminación, y recursos no renovables. Los escenarios de futuro considerados lo fueron en número de doce.

Debemos pues preguntarnos en primer lugar si alguno de estos escenarios se acerca a la realidad registrada en los más de 40 años transcurridos. De ser alguno de ellos, una forma de evaluar las bondades del modelo será examinar en qué medida el sistema ha respondido de la forma prevista por World3 a ese escenario hasta el día de hoy.

Si encontramos correspondencia, ello aumentaría nuestra confianza en World3 y significaría que el modelo estaría en condiciones de ofrecernos entonces la posibilidad razonablemente creíble de situarnos en algún punto del ciclo y, con ello, de examinar nuestras perspectivas. Pero antes veamos someramente cuáles eran los mensajes de LLDC.

Límites al crecimiento ¿de qué?

Comencemos por una aclaración importante. El crecimiento al que se refería LLDC no era el del PIB, como se suele creer, sino el de la *huella ecológica*. Primer malentendido, del que los autores asumen ser parcialmente responsables al emplear términos tales como crecimiento, crecimiento físico, y así (457). El concepto de huella ecológica era por entonces todavía poco empleado y solo fue desarrollado años más tarde, en 1996, por los canadienses Mathis Wackernagel y William E. Rees (458,459) si bien Óscar Carpintero cita al físico austríaco Leopold Pfaundler como uno de los primeros en emplearlo ya en 1902 (460). Fue pronto criticado por el economista *medioambiental* (que no ecológico)[3] Jeroen C.J.M van den Bergh, ahora radicado en España (461).



Saber que el crecimiento al que se refería LLDC es el de la huella ecológica es muy importante para comprender la dinámica de World3 (462), pues permite darnos cuenta de que el modelo se establece básicamente en términos físicos.

Lo que de verdad anunciaba LLDC en 1972 era que la superación de la huella ecológica máxima, que denominaba 'extralimitación', si fuera a producirse, traía muy malas consecuencias, en forma de contracción inevitable. Mucho más acusada, en forma de colapso si, en el proceso de extralimitación, se hubiera destruido parte o toda la base que sustentaba hasta ese momento los sistemas de soporte. En ese caso la huella ecológica posible, la capacidad de carga del planeta, se reduciría drásticamente, resultando al cabo mucho menor con respecto al caso en que no se hubiera producido dicha extralimitación.

Los mensajes clave

Algo está matemáticamente claro: en un sistema no lineal no es posible extralimitarse sin descender después bruscamente tarde o temprano, salvo que sea posible un *managed decline*[4]. Se trata de una certeza matemática teórica previa, verdad de la dinámica de sistemas, anterior a World3. No es necesario tener un modelo delante para corroborarlo, pues se cumple en todas las circunstancias, en todos los modelos (y si no se cumple es que están mal). Ése era el *primer mensaje*, y el más importante.

Segundo mensaje: la prudencia, y quizás algo más, hizo huir a los autores de la idea de predicción, y en el texto evitaron expresamente asumir conclusiones cuantitativas de futuro. En los gráficos, el eje de abscisas no incluía la escala temporal en años o en décadas. A la izquierda, 1900. A la derecha, 2100. Nada más. Para no comprometerse.

De 1900 a 1970 las curvas reflejaban la realidad. De ahí en adelante, hasta 2100, se presentaban los resultados del modelo así calibrado, para cada uno de los escenarios considerados.

Prudentes y conservadores como buenos científicos acreditados por Harvard y financiados por la Fundación Volkswagen, los autores de LLDC publicaron las curvas que el ordenador les entregó en el rudimentario formato de la época, que no son otra cosa que la representación gráfica de las soluciones al complicado sistema de ecuaciones diferenciales. En uno de los escenarios el cénit del crecimiento de la producción per cápita se producía entre 2010 y 2020. Pero se limitaron a señalar en el texto que, en este caso *standard run* (que advertían que conduce indefectiblemente al *overshoot and collapse)*, dicho derrumbe se produciría *antes de* 100 años, y en todo caso dentro del siglo XXI. Dicho en 1972. Ése era, y no otro, el segundo mensaje. De modo que se tomaron un margen de seguridad *textual* del orden de 60 años, patada hacia adelante que podía ser entonces tolerable pero que hoy, cercanos ya a este horizonte, conviene examinar de nuevo.

Por lo demás urgieron a actuar lo antes posible, comenzando en 1975 a lo más tardar. Aseguraban que entre 2010 y 2030 algunos recursos comenzarían a escasear o serían demasiado caros, y el daño físico (léase dificultad de acceso a la energía y cambio climático) sería crecientemente visible. Lo sería a pesar de los avances de la tecnología, que en su momento fueron estimados, y que finalmente resultaron ser los que se han tenido lugar (460).

Tercer mensaje: la importancia clave de los retardos del sistema. La superación del umbral que conduce al revolcón se produce mientras los humanos, en nuestra alegría por haber superado los límites, nos dedicaríamos a dejar transcurrir tranquilamente el tiempo mientras, lo primero, no nos enteramos que tenemos problema alguno. Después comenzaríamos a observar disfunciones y a preguntarnos qué demonios está ocurriendo: fase de reconocimiento. Una vez diagnosticado el problema, supongamos que al final correctamente una vez superadas inercias intelectuales y mentiras organizadas, aumentaríamos este lapso de no-respuesta en nuestra deliberación y decidiendo qué es lo que hay que hacer, siempre en acalorado debate. Y desde que se toma la decisión, hasta que se ejecuta, y surge algún efecto, sigue transcurriendo el tiempo y el sistema evolucionando a su aire, sin intervención controladora alguna. Es este (largo) tiempo de retardo del sistema el que, según se demuestra matemáticamente, acaba resultando fatídico (174,176).

Más mensajes: la tecnología sí estaba contemplada

Veamos algunos otros mensajes de LLDC que clarifican el cuadro, aunque no sean tan centrales como los anteriores. Los críticos que no se habían leído el informe, o que no lo habían querido entender (por cierto que son de una lectura muy fácil y agradable, pensada para el público general, por eso vendieron más de 12 millones de copias (464)), decían que no tenía en cuenta los avances de la tecnología[5]. Incierto. Los tenía en cuenta, y mucho. Consideraba que:

“El progreso tecnológico en el modelo reducirá gradualmente la cantidad de recursos necesaria por unidad de producto industrial **si todos los demás factores se mantienen constantes**. Pero el modelo no permite que la industria fabrique bienes materiales a

partir de la nada… este modelo no se basa sólo en la tecnología o en el mercado; plantea que habrá interacciones graduales y efectivas entre ambos.” [énfasis añadido] (465).



Que se realimentan, vamos. Y siguen insistiendo en la diferencia entre este enfoque y el del economista:

“Para muchos economistas, la tecnología es un único exponente en alguna variante de la función de producción de Cobb-Douglas: funciona automáticamente, sin desfases, sin coste, carente de límites y sólo produce resultados deseables. ¡No es de extrañar que los economistas estén tan extasiados con su potencial para resolver los problemas humanos!” (466)

En cambio está claro que no querían incomodar a sus colegas cuando afirmaban, no sin cierta inocencia, la posibilidad del famoso *desacoplo* así:

“… los límites del crecimiento no limitan el número de personas, automóviles, casas o fábricas, al menos no directamente. Lo que limitan es el caudal productivo, es decir, los flujos continuos de material y energía que se precisan para mantener funcionando a la población, los automóviles, las casas o las fábricas.” (p. 53-54) (376)

Bordeando así la segunda ley de la termodinámica. Afortunadamente tuvieron la precaución de introducir el matiz “al menos no directamente”. Aunque no todo eran flores:

“Una entidad física que crece sólo se desacelerará y después se detendrá acomodándose suavemente a sus límites (crecimiento en forma de S) si recibe señales precisas y oportunas que le indiquen dónde se halla con respecto a sus límites, siempre y cuando responda con rapidez y precisión a tales señales… (p. 260) **Si una sociedad obtiene sus señales de la mera disponibilidad de existencias** más que de su tasa de reposición, sin duda se extralimitará.” [énfasis añadido] (467)

Añadiendo, como ya hemos visto, que:

“El problema se agrava si la base del recurso es erosionable y se destruye durante la extralimitación.” (467)

Lo es, y se erosiona exponencialmente (recuerde siempre que una evolución exponencial parece lineal al principio). En estas condiciones, la extralimitación conduce, inevitable (y matemáticamente) al colapso, y entonces:

"El resultado de la extralimitación y el colapso es un medio ambiente deteriorado para siempre y un nivel de vida material mucho más bajo del que habría sido posible si nunca hubiera sometido al medio ambiente a tensiones excesivas … A escala mundial, la extralimitación y el colapso podrían comportar la quiebra de los grandes ciclos de sostenimiento de la naturaleza que regulan el clima, purifican el aire, regeneran la biomasa, preservan la biodiversidad y convierten los residuos en nutrientes." (468)

Aviso para navegantes. Sin embargo, World3 tiene también sus flaquezas:

"World3 contiene apenas unos pocos límites relacionados con las fuentes y sumideros del planeta. (El 'mundo real' comprende muchos más)… En el 'mundo real' hay muchas otras clases de límites, incluidos los de gestión empresarial y de tipo social. Algunos de ellos están implícitos en las cifras de World3, pues los coeficientes de nuestro modelo proceden de la historia 'real' de los últimos cien años." (469)

Démonos cuenta de que si en la realidad hay más límites de los considerados en el modelo, o bien la respuesta máxima del mismo va a tener un valor inferior al estimado o ese máximo se va a producir antes. O ambas cosas.

De hecho hay más límites, cosa que puede verse en las simulaciones realizadas: si se atenúa o elimina un límite, aparece después otro, y otro. Existen *capas de límites*, y World3 sólo contiene algunas de ellas (469).

El secretario general de la ONU del momento, el budista U Thant, aseguraba en el prólogo que sólo quedaban diez años para tomar medidas, justo los que faltaban para que se alcanzara la huella ecológica máxima (470).

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

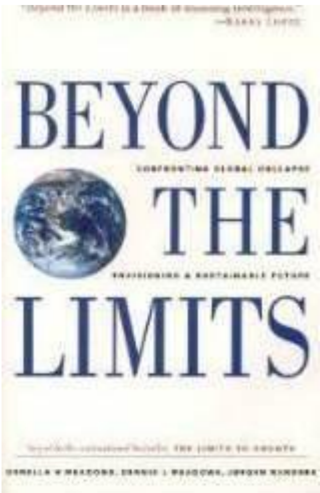
Notas al pie

[1] Donella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – Los Límites del crecimiento: 30 años después (471)
[2] Como en su versión original de 1972 no lo decía explícitamente, muchos creyeron que no era así, Nordhaus entre ellos. De ahí la crítica titulada Word Dynamics: Measurements without Data (392)
[3] Recordemos que para un economista medioambiental la economía lo engloba todo, incluido el medio ambiente. Sin embargo, para el economista ecológico es el medio ambiente el marco para el devenir económico
[4] Declive gestionado
[5] Incluso Naomi Klein, normalmente bien informada, comete el error de citar a LLDC como si hubiera considerado el papel de la tecnología de manera insuficiente (472)

9: Nivel de cumplimiento de las previsiones de LLDC – 9.1 Las revisiones, y primeras conclusiones

03/01/2015 por Ferran P. Vilar

“La pregunta de nuestros nietos será: ¿cómo pudieron dejar que ocurriera lo que sabían que iba a ocurrir?” – Jorge Riechmann (2013)

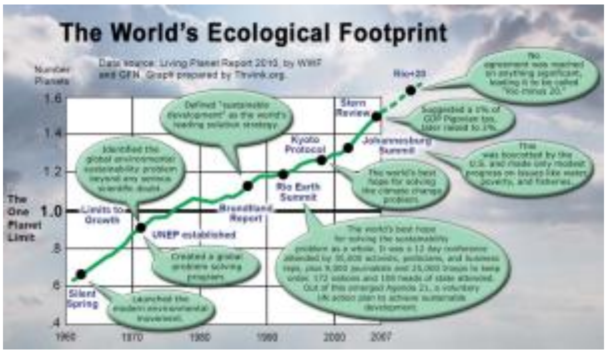


En 1992 los autores de LLDC ya anunciaban que estabamos fuera de límites. Pero ¿Dónde estamos hoy? ¿Y con qué consecuencias?

Índice de la serie y enlaces

Hoy nos preguntaremos aquí hasta qué punto las aseveraciones de LLDC, realizadas hace más de 40 años, se están cumpliendo. Me refiero, naturalmente, a las que efectivamente realizaron sus autores, no a las que los propagandistas quisieron hacer creer que decían y muchos han creído. Ya sabemos que la huella ecológica máxima por persona fue superada alrededor de 1980 (473,474), y que ahora necesitaríamos ya un año y medio para que la Tierra pudiera regenerar los recursos renovables que gastamos en un año[1] (datos de 2008) (475,476). No gastamos *solamente* los intereses: vamos deteriorando el principal. No recogemos *solo* los frutos: nos comemos también las raíces.

De modo que sabemos certeramente que el colapso se va a producir y sólo podemos aspirar a gestionarlo. La cuestión es: ¿cuándo? Veamos aquí por fin qué decía LLDC, y sus sucesivas revisiones, también la más reciente. Y asimismo otras perspectivas menos, o más, pesimistas.



Evolución de la huella ecológica según WWF

El informe original fue publicado en 1972, y dio lugar a una sucesión de trabajos de los autores en publicaciones científicas y menos científicas, como la Harvard Business Review, dirigida a empresarios y gestores. En 1992 los autores publicaron una revisión bajo el elocuente título de *Beyond the Limits*[2]. En 2004 fue publicada la última revisión realizada por el equipo original: *Los límites del crecimiento, 30 años después*. Básicamente las actualizaciones mantenían las conclusiones iniciales. Pero el negacionismo organizado había hecho mella en muchos sectores económicos y mediáticos, y ni los libros ni sus resultados recibieron en esas demás ocasiones el eco alcanzado en su propuesta original. Además los tiempos eran otros, y el negacionismo comenzaba a invadirlo todo.

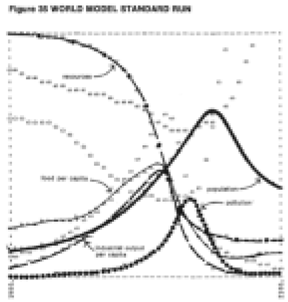
¿Estaría en lo cierto, a pesar de todo?

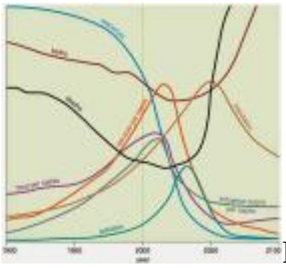
Alguien como Matthew Simmons, asesor energético de George W. Bush y miembro del National Petroleum Council de los Estados Unidos, andaba preguntándose en el año 2000 si el Club de Roma, que había financiado LLDC, estaría en lo cierto *after all* (477). Se entiende que *after all* ataques a una de las metodologías científicas que más réditos ha permitido a la humanidad, pero que tuvo la osadía de penetrar en territorio ajeno, en fortaleza que creían amurallada.

La pregunta no es baladí, sino de la máxima trascendencia. Repito: es de la *máxima* trascendencia. Si no la letra, sí los gráficos de LLDC, preveían, ya en 1972, el inicio del *colapso* para muy cerca de hoy si, llegado el caso, uno de los *hipotéticos escenarios* considerados, el que denominaban *standard run*, fuere a producirse en la realidad. Alguien, creo que Ugo Bardi, añadió no hace mucho la escala temporal a los gráficos. Oh sorpresa. Según los gráficos entregados por World3 y publicados en LLDC, en ese escenario la actividad económica per cápita alcanzaría un máximo en 2015 (precisamente) para comenzar a disminuir rápidamente. El colapso, así iniciado, alcanzaría velocidad de crucero a partir de 2030. Una velocidad siniestra, pues en esa década la población mundial comenzaría a reducirse. ¿En cuánto? Pues nada menos que a razón de 500 millones de personas por década. ¿No le resulta increíble, querido lector, tal grado de alarmismo?

¿Alarmismo? ¿O alarma fundamentada? Veamos.

La revisión de 2014





Resultados del modelo World3 de LLDC en el escenario standard run (Arriba: modelo World3 original de 1972; Abajo: con la tecnología gráfica de hoy)

El pasado mes de agosto el australiano Graham Turner, una de las personas que en su día trabajó con el World3 y que ahora forma parte del *Melbourne Sustainable Society Institute Research*, publicó una actualización de la comparación de la realidad con las previsiones de LLDC. El trabajo lleva por título "*Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of the Limits to Growth with Historical Data*"[3] (389). Además de las mencionadas revisiones realizadas por los autores originales, ya en 2008 el mismo instituto del CSIRO, el organismo científico estatal del país austral, había efectuado una primera evaluación bajo el título *A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality*[4] (478). También la agencia medioambiental holandesa PBL efectuó su propia revisión en 2009, con resultados similares pero expresados en una retórica mucho más suave (479). Veamos qué hace Turner en 2014 para evaluar las previsiones de World3 a día de hoy.

Lo primero que hace (y había hecho en 2008, e hicieron los holandeses en 2009 con resultados equivalentes) es examinar los distintos escenarios de futuro considerados posibles en 1972, en número de doce, y ver si alguno de ellos se parece, y en qué medida, a lo sucedido desde entonces. Llega a la conclusión de que sí, de que la trayectoria socio-económico-material es reflejo fiel de uno de ellos. Se trata (lo estaba usted temiendo) del escenario al que los autores denominaron *standard run* que, para entendernos, denominaremos *business as usual* (BAU). O sea, no cambiar nada en absoluto respecto a cómo se venían haciendo las cosas hasta 1970.

Desde luego era imprescindible haber hecho algo: resulta que el marco socioeconómico en que nos hemos movido corresponde precisamente al que, tras la extralimitación, conduce inevitablemente al colapso. Pero no adelantemos acontecimientos que de momento solo sabemos que sí se ha realizado uno de los escenarios contemplados. Pero todavía no sabemos si, en estas condiciones, el modelo World3 entrega una evolución de las variables acorde con la realidad observada en los últimos 40 años.

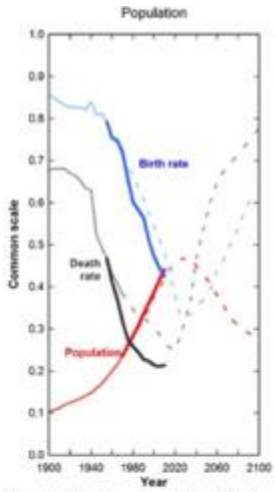


Figura 25.- Línea sólida: LLDC, con nueva investigación en grueso. Línea de puntos: Escenario BAU de LLDC (Fuente: ref. 504)

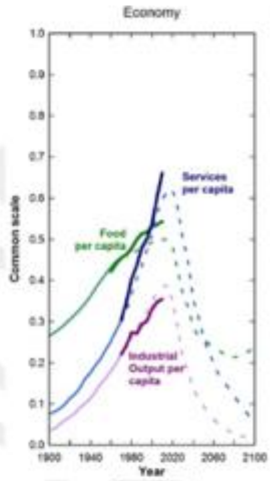


Figura 26.- Línea sólida: LLDC, con nueva investigación en grueso. Línea de puntos: Escenario BAU de LLDC (Fuente: ref. 504)

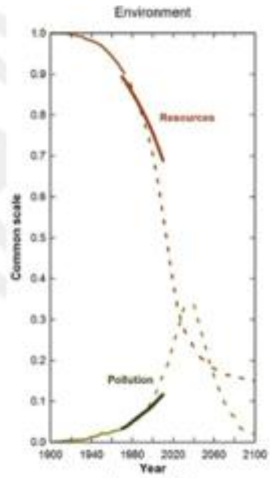


Figura 27.- Línea sólida: LLDC, con nueva investigación en grueso. Línea de puntos: Escenario BAU de LLDC (Fuente: ref 504)

Así que lo segundo que hace Turner es examinar si la evolución de las variables de estado del sistema predichas por World3 en este escenario se corresponde con la realidad observada. La respuesta es también sí, *pero*. Ocurre que la *única* desviación significativa se encuentra en la contaminación global, que World3 preveía para 2014 algo superior a la actual. Justifica esta desviación en dos posibilidades: una mayor absorción de carbono por parte de los océanos y la biosfera de la prevista (he señalado que la dinámica del ciclo del carbono era por entonces muy desconocida), o menores emisiones de las estimadas en la agricultura en comparación con la industria (pues el crecimiento relativo de la producción alimentaria es superior al de la producción industrial) (480).

Lo último que hace Turner se lo diré más adelante. Entretanto, veamos a lo largo de las pròximas entradas cuáles son los mecanismos que, según World3, conducen al colapso en nuestro escenario BAU, ya analizado.

Crisis energética y su influencia en la economía

Recordemos que la energía se define como la capacidad de realizar trabajo, y que no es otra cosa lo que genera actividad (económica u otra) (404). Así pues, la disponibilidad de energía es una *precondición* para poder realizar trabajo. Una vez se ha empleado se degrada, no es reciclable, y nada la puede sustituir. Hemos examinado esta cuestión en un texto anterior.

Pero en esto de que la energía sea lo que genera *toda* la actividad económica dicen que no hay consenso. Ciertamente, la respuesta depende de a quién le preguntemos. Si se lo pregunta usted a un físico como Stephen Hawkins, por ejemplo, le mirará con desdén por hacerle pregunta tan elemental. Si se lo pregunta a un ingeniero industrial dependerá de su edad y de lo condicionado que esté por sus responsabilidades de gestión. Si no ha hecho un MBA[5] lo normal es que le responda como un físico, y si lo ha hecho dirá que no lo sabe. Si se lo preguntamos a un economista dirá que no está demostrado y lo primero que le vendrá a la cabeza es el famoso *desacoplo*.



¿Pero cómo que no hay consenso? ¿Ahora niegan la segunda ley de la termodinámica? Una cosa es desconocerla, la otra negarla. ¿Usted pretende aumentar la actividad económica con menos energía y materiales? ¿No ve que no lo va a conseguir (481)? O bien ¿a qué llama usted actividad económica? La mida como la mida, la actividad, y por tanto el valor añadido de cada uno, que *siempre desemboca en movimiento en su origen*, van a ser a partir de ahora progresivamente menores, por lo menos en promedio.

Para mí que estamos exactamente frente al mismo argumento del negacionismo climático con respecto al CO_2, en su insistencia deshonesta sobre que "no hay pruebas" de que sea este gas el que calienta el planeta, cuando desde luego las hay, múltiples e inequívocas, y lo realmente imposible es encontrar una prueba en contrario. No se ha podido demostrar jamás que sea posible aumentar la actividad económica sin aumentar al mismo tiempo la energía empleada. Se lo puedo asegurar. Y nunca se demostrará. A nivel global, naturalmente. No vale tomar un país como ejemplo y generalizarlo, pues no todos podrían hacerlo a la vez. Es la falacia de composición, de la que ya hemos hablado.

En cambio, lo que sí ha sido encontrado es una relación entre energía y *riqueza* (cuidado, no PIB). Timothy J. Garrett, de la Universidad de Utah, quiso deducir una fórmula que relacionara ambas variables. No le voy a marear con los detalles ni con las polémicas (482,483). ¡La relación le salió casi lineal! Tome nota, que es fácil de recordar: por cada dólar de 1990 se han empleado 9,7±0,3 mW. Esto le sale así entre 1970 y 2005 (484), relacionando datos econométricos oficiales. Bien por el *desacoplo*, a ver cuándo empiezan.

Para entender bien los mecanismos por los cuales se produce el colapso repasaremos en la próxima entrada algunos conceptos y datos a menudo confusos. Recordaremos muy brevemente qué cosa es el cénit de producción de una materia prima y de una fuente primaria de energía, qué se entiende por tasa de retorno energética y su relación con el cénit, y la importancia decisiva de unir ambos conceptos de cara a evaluar la evolución de la energía neta disponible.

Veremos también qué papel puede cumplir la eficiencia energética y hasta dónde es previsible que podamos llegar mediante combustibles *no convencionales* o con equipos alternativos de generación de energía a partir de flujos renovables. Más adelante nos sorprenderemos al darnos cuenta de cómo LLDC ya tenía en cuenta estas cuestiones, que para muchos son hoy recientes (para mi por lo menos un poco) y para muchos otros, la mayoría, completamente desconocidas o todavía algo confusas.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

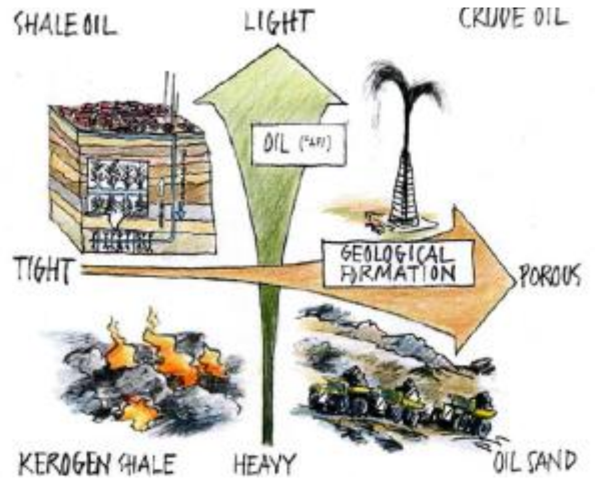
Notas al pie

[1] En la España de 1995 Óscar Carpintero dedujo que la huella de cada uno de sus habitantes era de más de 3.000 m2, lo que suponía un aumento del 33% respecto a 1955 (504).
[2] Más allá de los límites
[3]¿Es inminente el colapso global? Una comparación actualizada de Los Límites del Crecimiento con datos históricos
[4] Una comparación de Los Límites del Crecimiento con 30 años de realidad
[5] Master in Business Administration

9: Nivel de cumplimiento de las previsiones de LLDC – 9.2 Repasando conceptos y definiciones

04/01/2015 por Ferran P. Vilar

"Leave oil before it leaves us.*[1]*" – Fatih Birol, Agencia Internacional de la Energía



Los distintos tipo de petróleo, convencional (crudo) y no convencional (resto). Imagen Mikael Höök

Índice de la serie y enlaces

Para entender bien los posibles mecanismos del colapso anunciado repasaremos aquí algunos conceptos y datos a menudo confusos. Recordaremos muy brevemente qué cosa es el cénit de producción de una materia prima y de una fuente primaria de energía, qué se entiende por tasa de retorno energética, su relación con el cénit y la importancia decisiva de unir ambos conceptos. Veremos también qué papel puede cumplir la eficiencia energética, para examinar más adelante hasta dónde es previsible que se

pueda llegar mediante combustibles *no convencionales* o equipos alternativos de generación de energía.

La singularidad energética

La energía es un bien muy especial. Más que un bien es un pre-bien, pues no se podría producir bien alguno sin energía. Ni éstos, de existir, servirían para nada sin energía. Por ejemplo, una herramienta manual, para ser accionada, necesita de nuestra energía humana. Energía que nosotros obtenemos de los alimentos, que a su vez han sido generados mediante energía solar y abono, éste último muy a menudo procedente de los combustibles fósiles desde la llamada 'revolución verde' (419). En cualquier caso ese abono ha tenido que ser trasladado al lugar de cultivo, la maquinaria agrícola habrá sido fabricada a su vez con energía y desde luego consume energía cuando se hace uso de ella y cuando hay que repararla e incluso desecharla. En el otro lado de la cadena, hasta que usted ingiere el alimento que le otorgará la capacidad de accionar la herramienta (y que popularmente se mide en *calorías*), habrá habido cosecha, traslado, empaquetado y a menudo procesado y empaquetado de nuevo para llegar a la tienda, usted debe ir a la tienda, después cocinarlo… Cuando uno examina por primera vez la cadena energética de cualquier producto o actividad queda bastante fascinado por su alcance, por lo atrás que se puede llegar.

Para examinar el consumo energético de cualquier producto también se debe ir más adelante de lo aparente. El alcantarillado habrá tenido que ser fabricado, las aguas residuales canalizadas, tratadas, depuradas, eventualmente reinsertadas en las canalizaciones de suministro… Si en lugar del escatológico ejemplo alimenticio tomamos cualquier otro producto es preciso contemplar el final de su vida útil, todo el proceso desde que usted lo pierde de vista hasta su eventual desguace y disposición en vertedero, mantenimiento del vertedero… Cuando se examina la energía total empleada por un producto hay que contemplar todo su ciclo de vida, desde su ideación hasta su entierro (o reciclado).

La megamáquina

Por favor, visualice por un momento toda la actividad humana, tenga o no traducción económica, como si fuera una gran máquina que los humanos hemos ingeniado y de la que además formamos parte. O si lo prefiere una gran fábrica, una *megamáquina* en la terminología del autor Lewis Mumford (485), pero que lo abarque todo. Y hágase a la idea de que la energía es lo que permite su funcionamiento. Esto no es sólo una metáfora, es la realidad tal cual.

Como toda máquina, esta megamáquina nuestra tendrá una potencia máxima, una *capacidad máxima de actuar*, y esa vendrá determinada por la energía disponible en cada intervalo de tiempo.

Como metáforas puede considerar que la energía es como la fuente de alimentación de cualquier equipo electrónico (o la batería). O el aparato de aire acondicionado. Tanto uno como otro permiten que las funciones se realicen, sin que advirtamos su presencia cuando estamos pendientes de la función deseada. Está ahí, hace que las cosas funcionen, pero no forma parte del proceso. Podemos considerarlo un sistema aparte, algo externo, cuya función es simplemente entregar potencia, o temperatura confortable, a lo que queramos hacer, al proceso real de nuestro interés. Cuanto más desapercibido pase mejor, pues ello significará que no interfiere en el proceso en cuestión. Y que si, por algún motivo, no consigue entregar toda la necesaria, el proceso sufrirá disfunciones o, directamente, no funcionará.

En las representaciones esquemáticas de los circuitos electrónicos la fuente de alimentación no se dibuja, casi no existe, corresponde simplemente a un punto o línea donde se sabe que hay una tensión constante (p.e. 5 voltios) y se da por supuesto que entregará toda la potencia que el circuito vaya a necesitar para cumplir su cometido, sin interferir en absoluto en él.

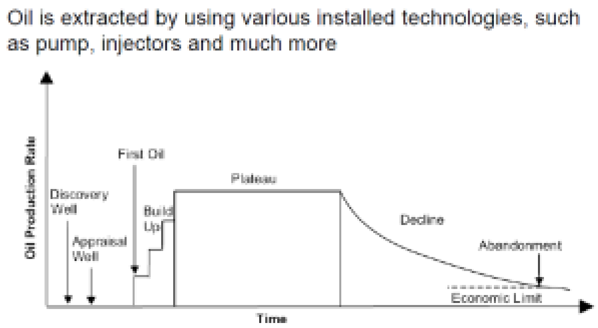
Qué es el pico del petróleo

Se entiende por cénit, o pico de producción de un recurso natural (mineral, energético u otro) la cantidad máxima que es posible comercializar por unidad de tiempo. Por ejemplo, en el caso del petróleo convencional (llamado *crudo*), razones geológicas y límites tecnológicos y de capital impiden que sea posible extraer ya más de 160.000 litros/segundo, que es aproximadamente el consumo mundial actual. Lo ha leído bien. El mundo está produciendo (extrayendo, preprocesando, refinando, distribuyendo) esa cantidad de petróleo cada segundo. La unidad habitual de medida se expresa en millones de barriles diarios (MB/día). La producción ha venido creciendo desde mitades del siglo XIX. En general, y salvo incidentes políticos de corta duración, hasta mitades de la primera década de este siglo la producción anual ha seguido el compás de la demanda. El desarrollo de tecnologías cada vez más eficientes ha permitido que su precio sea bajo, a menudo incluso irrisorio y significando un porcentaje muy pequeño del coste directo de cada actividad[2].

Pues bien. En el caso del petróleo *crudo* se ha llegado a un punto en que ya no se puede producir más. No porque no quede, sino porque la capacidad física (geológica y

tecnológica) de movilizar esa cantidad, y acondicionarla para que acabe entregando la energía deseada, ha alcanzado ya un límite. Es el pico del petróleo.

Si la demanda sigue creciendo pero la oferta se mantiene constante por haber llegado a su cénit, el precio de un bien en el mercado debería, en principio, aumentar. Si el precio aumenta, los economistas suponen que se puede entonces acceder a lugares más remotos, que se podrá invertir en una mejor tecnología de extracción o de proceso. Así ha sido hasta hace poco (486).



Evolución esquemática del ritmo de producción de un yacimiento (Fuente: ref. 506)

Pero estará de acuerdo conmigo en que esto también tendrá algún límite. Este límite nos lo anunciarán los geólogos, que saben de calidad de los recursos y de su ubicación, junto a los ingenieros, que saben diseñar procesos de extracción y refino. El cénit, el pico del petróleo, es este límite de producción por unidad de tiempo.

A partir de ahí entrarían en juego los economistas, que habrán tomado nota de los datos suministrados por estos dos profesionales. Tienen entonces dos misiones principales: 1) calcular los costes de extracción y por tanto estimar la disponibilidad del producto, y 2) decirnos de qué maneras es posible asignar (distribuir, aprovisionar) los recursos que esa energía permitirá generar, con el fin de que el público decida una o algunas de estas maneras. Ya sé que esto es una simplificación, y que hay geólogos como salidos del Renacimiento e ingenieros tipo Da Vinci que gustan de ocuparse de todo, y el trabajo en equipo, etc. Pero, en general, estaría bien que cada uno se ocupara principalmente de lo suyo. Porque la experiencia muestra que de otro modo se produce una gran confusión.

El problema no se plantea pues en términos de escasez del material, sino por el hecho de que la demanda sigue creciendo, pero la oferta ya no puede seguir el ritmo como lo hacía hasta ahora, e incluso puede comenzar a disminuir. Y ello por razones físico-geológicas, pero también puede haber razones económicas e incluso debería haberlas medioambientales en razón de las emisiones excesivas de gases de efecto invernadero – aunque no lo han llegado a ser nunca todavía.

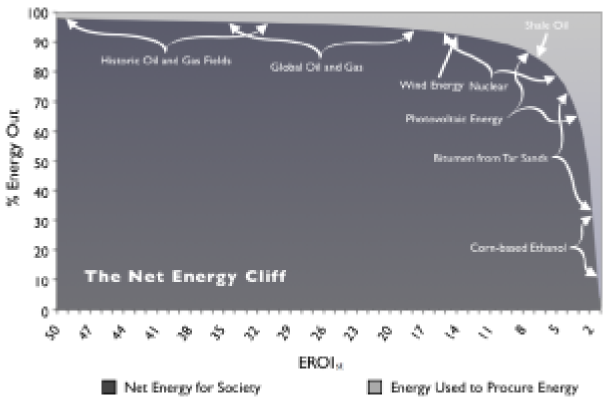
Qué es la tasa de retorno energética

La Tasa de Retorno Energética (TRE) es una cosa bien distinta, pero a veces se confunde con el cénit.

Hagamos un *símil business*. El pico del petróleo serían los ingresos máximos de una empresa, dada su capacidad máxima de producción. Pero lo que buscamos de un

negocio es el beneficio, no tanto el volumen de ventas. La TRE se refiere al beneficio, sabiendo que difícilmente podré facturar nada sin haber gastado o invertido algo previamente.

La TRE de una fuente de energía es la cantidad de energía que obtengo mediante el empleo de una unidad de energía orientada a obtener energía. Usted estará de acuerdo en que si todo el tinglado que necesito organizar para extraer un producto energético[3] me va a costar la misma cantidad de energía que la que se va a obtener con la aplicación de ese producto, en general no valdrá la pena que lo haga y mejor sería que dedicase esa energía directamente al uso final y me ahorre esta intermediación que no aporta nada[4]. En este caso se diría que la TRE es 1:1 (obtengo una unidad de energía gastando una unidad de energía). Si obtuviera dos unidades de energía, la TRE sería 2:1. Cada fuente de energía primaria tiene su TRE específica, asociada a una tecnología de proceso de obtención. Un ejemplo. Cuánta energía se emplea para fabricar, instalar, mantener, desechar, etc. un panel fotovoltaico. ¿Más, o menos que la que podrá entregar durante toda su vida útil? Mal asunto si fuera más…. Mal negocio: significaría una TRE inferior a 1.



El ***precipicio*** de la energía neta, donde se indican las TRE de las distintas fuentes primarias de energía. Nótese cómo el porcentaje de energía a disposición de la sociedad disminuye exponencialmente según disminuye la TRE (EROI, de Energy Return on Investment) – Fuente: Lambert et al (2012) (507)

Pues bien. En los informes de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y en la información económica estándar sobre aspectos energéticos, este parámetro es ignorado. Olímpicamente. Ni tan sólo se menciona. Usted puede preguntarse por qué algo tan básico no se ha tenido en cuenta hasta ahora y sigue ignorándose, por lo menos oficialmente. Yo veo tres motivos.

Uno es que hasta hace poco, por lo menos para los combustibles fósiles, este valor era muy elevado, *probablemente* superior a 50:1 para cualquiera de los tres combustibles fósiles. Un gasto de un 2% o inferior podría ser poco detectable o despreciable. Otro motivo es que calcular o estimar la energía que va a generar el producto energético obtenido es relativamente sencillo, pero es muy difícil y controvertido respecto a la energía empleada en su obtención. ¿Qué pongo en el denominador? Hay cosas obvias, como todo lo que necesito directamente. Pero otras no lo son tanto. ¿Incluyo los bonus y primas del consejero delegado? ¿Incluyo todo el gasto energético de todo el personal? ¿Y la energía empleada en la construcción de la carretera, que era necesaria para la

explotación, pero que ha pagado el estado? ¿Cuento la energía empleada en el desplazamiento y actividad de los trabajadores que construyeron la carretera y la mantienen? ¿Cómo la cuento? La misma fascinación que produce seguir la traza energética de cualquier actividad o producto es la responsable de la dificultad de su cálculo, que permite una diversidad de criterios que dificultan la comparación.

El tercer motivo posible es que estas cosas han sido tratadas por economistas. Los economistas sólo miran precios, o casi. Y es verdad que, en términos de precio, todo resulta más fácil. Por eso están ahí. Pero el precio es una abstracción, una simplificación de cualidades en una cifra única que tiene algunas ventajas pero, como todo índice compuesto, tiene el inconveniente de ocultar una buena parte de la complejidad subyacente. Por este motivo demasiado a menudo el mero precio lleva a confusión. Además, en el corto y medio plazo, los precios responden a realidades diferentes y volubles (condiciones de mercado, cambio de preferencias, etc.) mientras que la energía es física, es tangible, es elemental.

En los inicios de una tecnología de extracción es posible que la TRE aumente en la medida que se va avanzando por la curva de aprendizaje mientras la accesibilidad del material se reduzca poco. Pero esto también tiene un límite, que depende de la tecnología y del tiempo. En todo caso siempre hay una cantidad mínima de energía que voy a necesitar para la obtención de energía. Este es, como veremos, el núcleo de los resultados de LLDC.

Pues bien: la TRE de ***todos*** los combustibles fósiles se está reduciendo aceleradamente. Se necesita cada vez más energía (y por tanto dinero) para obtener la misma cantidad de energía. Y es cuando unimos cénit con TRE cuando llegamos al meollo del asunto.

El meollo de la cuestión

Uno puede, en un determinado momento, estar en condiciones tecnológicas (de capital) de aumentar la producción de una fuente de energía, de modo que los datos econométricos de producción (barriles, dólares, BTU, etc.) sigan creciendo. Ya sabemos que tiene un límite en el cenit, pero supongamos que la producción sigue aumentando para ver mejor lo que quiero decir. ¿Qué ocurre si, para conseguir ese aumento de producción, necesito emplear mucha más energía que la que voy a obtener de más tras esa incorporación tecnológica? Es decir, en el caso de que el aumento de la energía necesaria para aumentar la producción sea superior al plus de energía que obtendré tras el proceso (es decir, que la TRE disminuye). Pues que tendré más petróleo, y unas gráficas preciosas de producción creciente que podré vender como que aquí-no-pasa-nada. Pero usted ya se da cuenta de que en realidad cada vez tendré menos energía a disposición. Obtendré *cada vez menos energía neta* para el (resto del) sistema económico. Sin embargo, los indicadores económicos estarán señalando un aumento de la producción. En el símil business, es como si aumentaran las ventas pero los costes aumentaran en mayor proporción. Luego el beneficio a disposición disminuye.

Ahora suponga que ha llegado al cenit de producción, que ésta se mantiene constante durante un tiempo y que la TRE sigue disminuyendo. Es lo mismo, pero peor. No vendo más pero los costes aumentan, con lo que el beneficio va a disminuir. Este es el mecanismo por el que se manifiestan los *rendimientos decrecientes*. Por cierto que David Ricardo, en el siglo XIX, ya señaló este fenómeno en relación a la agricultura,

observando que las tierras más fértiles eran las que se cultivaban primero, y que se explotaban hasta agotarlas.

Aquí ocurre lo mismo. Poco a poco se van extrayendo en primer lugar los recursos más 'baratos', más fáciles de extraer y de procesar. Esto significa que, a medida que transcurre el tiempo, estas operaciones se van encareciendo. Llega un momento en que la inversión no puede seguir el ritmo de los costes crecientes, de modo que el crecimiento se ralentiza primero y posteriormente la producción comienza a decaer. Pero entretanto nuevas explotaciones pueden compensar este hecho. Llega un momento, sin embargo, en que este declive de la producción en curso no puede ser compensado con nuevas explotaciones.

Dese cuenta de cuál es el meollo de la cuestión: transitoriamente la producción puede estar aumentando, pero la energía disponible, que es lo que importa, disminuir al mismo tiempo. Lo importante entonces es cuándo comienza a reducirse la energía neta a disposición del sistema económico, no cuánta energía se produce o se consume ni cuántos barriles o toneladas se extraen. De modo que lo realmente importante es el *peak energy*, el máximo de energía neta alcanzable, y su evolución posterior. Eso es lo que nos dirá qué potencia máxima podemos exigirle a nuestra megamáquina. Volveremos más adelante sobre la TRE y veremos más claramente su importancia crítica para el sostenimiento de la civilización.

La trampa de la eficiencia

Hay cosas que parece increíble que no se tomen en consideración. Una de las más clamorosas es la ausencia en el discurso productivista del efecto rebote consecutivo a toda mejora en la eficiencia energética, que ya he comentado en la introducción. Fue descrito en 1865 por William S. Jevons, que lo observó inequívocamente en el caso del carbón (1). Jevons es considerado el fundador del método matemático en economía y uno de los principales contribuyentes del denominado *marginalismo* (el que descubrió las derivadas).

Cuando usted ahorra energía lo más seguro (de hecho, ocurre casi siempre) es que usted acabe empleando más energía. Esto es el efecto rebote, que tiene dos componentes. La primera es directa, según la cual es muy probable que usted haga un uso adicional de un aparato más eficiente, o bien que este equipo más eficiente haya necesitado, para ser así, mucha más energía para ser fabricado. Bien hace usted más kilómetros porque su nuevo automóvil consume menos, bien el refrigerador del que no va a hacer más uso que antes (si tiene la misma capacidad) es más sofisticado.

El segundo componente se produce en el caso de que usted realmente consiga de vez en cuando un ahorro neto con una mayor eficiencia. Hay casos evidentes en que esto es así ¿verdad? En todo caso el ahorro resultante lo va a dedicar usted, o el banco, a otra cosa ¿no? Esa otra cosa gastará o habrá gastado energía para funcionar ¿verdad?

Pues he aquí el efecto rebote. A mayor eficiencia, más consumo. El efecto rebote del primer componente oscila entre el 10 y el 30%, aunque podría llegar a ser del 75% (487). El segundo, normalmente mucho mayor pero de estimación más difícil, oscila entre el 15% y el 350% (488).

¿Es el efecto rebote el auténtico motor del crecimiento?

Se plantea a menudo que el motor de la economía es la realimentación positiva que supone el crédito con interés, y desde luego algo de eso hay. Pero no olvidemos la conexión entre dinero o riqueza con la energía que vengo postulando. Y en la energía podríamos encontrar también la respuesta: creo que es posible sostener que el motor último del crecimiento haya sido precisamente este efecto rebote de la energía, siempre dispuesta a crecer. Bueno, todo esto ocurrirá hasta que no se pueda crecer más porque la cantidad de energía neta ya no pueda aumentar a nivel global.

Eficiencia técnica frente a eficiencia económica

En este punto vale la pena mencionar la diferencia entre eficiencia energética técnica, y el concepto económico de eficiencia. Entiendo que el primero está claro. Pero si no es usted economista tal vez no tenga tan claro el concepto económico. Puede creer, en primera instancia, que es equivalente al energético, es decir, que se obtiene más por el mismo dinero.

Pues no. El concepto de eficiencia económica tiene que ver con el intercambio comercial, con el mercado. Si usted y yo intercambiamos algo, y ninguno de los dos queda en peor situación que antes, decimos que el intercambio ha sido eficiente en *utilidad*. Es un concepto absolutamente central en toda la teoría económica al uso, y su formulación se debe al italiano Vilfredo Pareto, a quien Mussolini apreciaba tanto que le hizo senador por designación digital (489). Cuando un economista mainstream habla de eficiencia no se refiere al empleo de energía o de materiales, sino a un mercado eficiente *en términos de Pareto*, y se supone que es de esta forma como los actores del mercado se asignan sus recursos (490).

Picos de Barbastro

En relación a recursos, reservas, picos, TREs y demás conceptos relativos a la disponibilidad actual y futura de energía encontrará usted toda suerte de datos y cifras. Y mucha confusión. Yo le contaré aquí las que más me creo, las que fueron expuestas por los principales expertos mundiales en Barbastro el pasado mes de octubre, congreso al que asistí. Son lo más actual, aunque todavía no hayan sido publicados en sede formal.

Una primera cosa estuvo clara: los datos ofrecidos por los expertos independientes son sistemáticamente menos esperanzadores que los ofrecidos por las empresas energéticas y las agencias internacionales tipo AIE agencia ésta que, por cierto, acaba de emitir su último informe donde, siempre con su medio lenguaje, parece que va asumiendo poco a poco, siquiera parcialmente, un problema que negaban hasta hace cuatro días. Pero siguen realizando afirmaciones controvertidas, sin justificar, mientras los independientes no actúan así. Son exquisitos en su expresión, y procuran que el tiempo no les deje en evidencia pues éste, y no otro, es su capital.

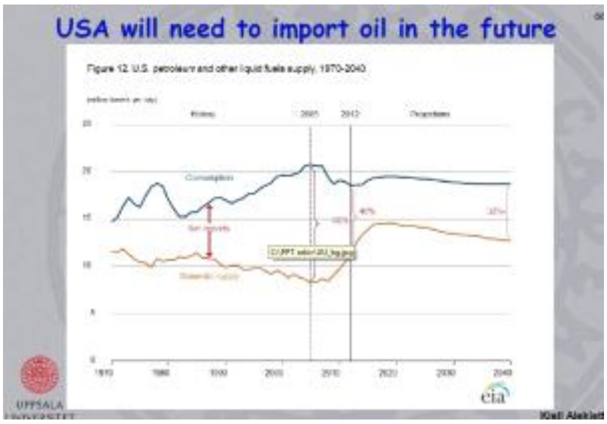
Hay algo a tener muy muy en cuenta. Las definiciones importan, y mucho, pues permiten lecturas muy distintas. Así lo demostró el mayor experto europeo en la cuestión, el sueco Mikael Höök de la Universidad de Uppsala, que acaba de establecer un marco matemático riguroso para analizar el agotamiento de los recursos (491). A

menudo las definiciones se utilizan para confundir, otras veces se cambian avisando, o no, en la letra pequeña vaya usted a saber con qué intención. Aquí ya sabemos de qué va esto en el terreno climático, como cuando en el último informe del IPCC de 2013 nos cambiaron la referencia de los incrementos de temperatura desde la preindustrial a la de un período que comprende la segunda mitad del siglo XX, con la consecuencia que de pronto todo parecía algo más suave.

Confusiones frecuentes

Confundir producción total de petróleo con producción solo de petróleo crudo (el convencional), meter ahí los líquidos del gas natural (propano, butano, etc., cuyo contenido energético es un 25% menor) para que la curva siga para arriba; marear entre reservas y recursos; aumentar producciones a base de gastar cada vez más del propio recurso que se extrae; confundir el tamaño del depósito con el caudal máximo posible de extracción y proceso, la falacia reservas/producción (Q/P) …

Algo que no se suele mencionar es que el petróleo *no convencional* no permite destilar diésel. De modo que es de esperar que el precio del diésel aumente de forma importante a corto plazo, con las consecuencias para la agricultura y el transporte que se puede usted imaginar. Cuando usted vea que quieren limitar el diésel por razones ecológicas, bueno, vale, admitámoslo forzando el lenguaje. Pero si le dicen que es por razones de salud pública no se lo crea para nada.



La famosa "independencia" energética de los Estados Unidos, según la Agencia Internacional de la Energía (Fuente: Kjel Alejklett, Uppsala Universitet)

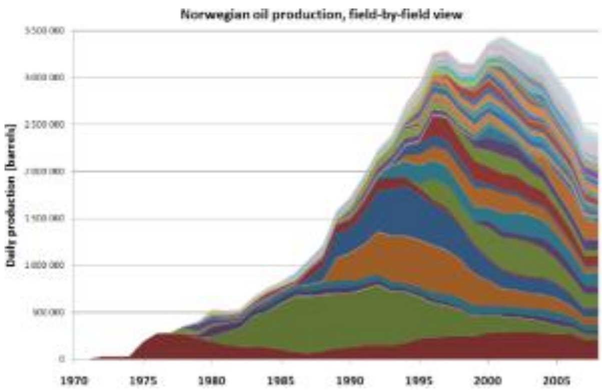
Son sólo unas pocas lindezas que distraen a mucha gente a través de los medios de comunicación y que las fuentes originales explotan a menudo para orientar el mensaje según sus deseos. También causa confusión el anuncio de grandes descubrimientos sin decir si son o no explotables, o hasta qué punto y con qué velocidad. O presentando cifras de muchos ceros que, en realidad, sólo dan para unos pocos días de consumo nacional y menos mundial. También la muy repetida, y muy falsa, afirmación de que los Estados Unidos son ahora autosuficientes energéticamente, cosa que parecen creer ciegamente la mayoría de los parlamentarios europeos (670) que se disponen a autorizar masivamente el fracking en Europa. Hace nada se la oí decir por radio al director de La Vanguardia, Màrius Carol, con aparente convicción. ¿O era una consigna?

Petróleo

Con respecto al petróleo convencional, el combustible de mayor calidad en términos de concentración energética y facilidad de transporte, hay un acuerdo bastante generalizado acerca de que este cénit se alcanzó alrededor de 2005-2008. Desde entonces se produce cada vez menos – o como mucho lo mismo en algunos yacimientos a base de inyectar cada vez más capital, o sea cada vez más energía. El consumo está disminuyendo en los países de la OCDE, y aumentando en el resto. Mucho en los países productores, precisamente.

Había unanimidad entre los congresistas en que el cénit de producción del petróleo convencional se alcanzó en algún momento de la primera década del siglo como ya temía en 2011 el propio editor de Science (492) (entre otras muchas fuentes solventes), presumiblemente en 2008. También sobre el hecho de que, desde 1984, los recursos correspondientes a los nuevos descubrimientos son inferiores al consumo de cada año (ver gráfico). No hay un acuerdo completo sobre cuál es la velocidad de disminución de la producción anual total tras el cénit, pero oscila alrededor del 6% anual según fuentes empresariales (493). Las empresas petrolíferas ya lo reconocieron en 2011, cosa que fue reflejada en el blog de la Harvard Business Review:

“Tal como Shell, Chevron, Total, la Agencia Internacional de la Energía y un conjunto de otros observadores serios han venido declarando abiertamente, la era del petróleo barato y de fácil acceso ha terminado. El petróleo que queda es cada vez más caro, de acceso cada vez más difícil y arriesgado, marginal, y cargado de efectos secundarios como unas emisiones de carbono mayores [por unidad de energía obtenida], mayor demanda de agua y competición con los alimentos.” [corchete añadido].” (494)



Ejemplo de cénit de producción en cada uno de los yacimientos de Noruega, y su comportamiento agregado

La producción global de petróleo convencional (el llamado crudo) está disminuyendo, según las fuentes, a razón de 4.5-6,7% anual (493). El único lugar donde la declinación no tendría lugar sería en Irak, que ahora produce unos 4 mbd[5] y se cree que en 2035 podría estar produciendo 8 mbd. Un informe financiado por el exmagnate del petróleo T. Boone Pickens (495) y otro elaborado por el fabricante de instrumentación de proceso Schlumberger coinciden en apuntar a tasas de decrecimiento del orden del 8% anual a nivel global (496).

Carbón picado

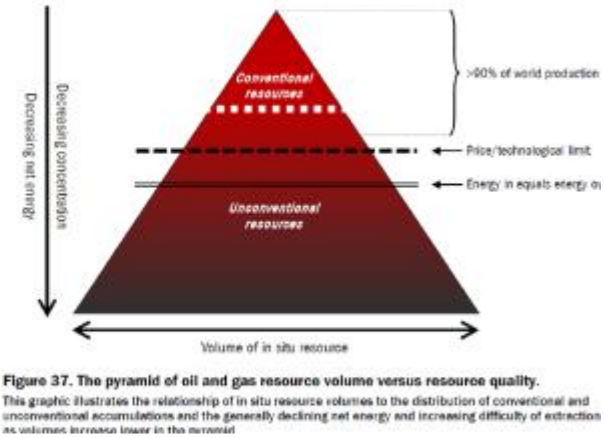
China, que produce el 50% del carbón mundial, parece estar a punto de atravesar su cénit en este material. La producción china es dos veces la de Estados Unidos, que es el segundo productor del mundo, y seis veces la de la India, que es el tercero. En un *paper* de la Universidad de Uppsala escrito en 2012 se había estimado el 2024 como año más probable del cénit del carbón (497), si bien Höök señaló en Barbastro que la producción en 2013 había aumentado sólo el 1,2%, lo que podría ser un indicio de que ya se está iniciando (*peak onset)*. En todo caso el propio Höök no tenía dudas de que el cénit del carbón sería inevitable, y además muy próximo. Pedro Prieto comentaba que si el pico de Arabia Saudita respecto al petróleo había sido en su día señal cercana del pico mundial, con más razón lo es el cénit del carbón en relación a China, cuya proporción en la producción mundial es mucho mayor.

Gas natural sin burbujas

Si en petróleo el actor dominante es Arabia Saudita, y en carbón lo es China, en el caso del gas es a Rusia adónde hay que mirar, junto a Irán y Catar. Todos los yacimientos rusos tradicionales decaen ya, pero la cuestión de si habrá otros que tomen el relevo (a tiempo) se mantiene abierta. En todo caso, una integración de 18 trabajos académicos realizada por Höök muestra que el pico del gas natural convencional se producirá alrededor de 2020.

Combustibles no convencionales

Si la producción total de petróleo sigue creciendo todavía hoy eso es debido a los combustibles denominados no convencionales, petróleo y gas, la mayoría de ellos explotados con la poco amable técnica del fracking. La disminución ya en curso inevitable de la producción de petróleo estándar está siendo por hoy parcialmente compensada por estos petróleo y gas *no convencionales*.



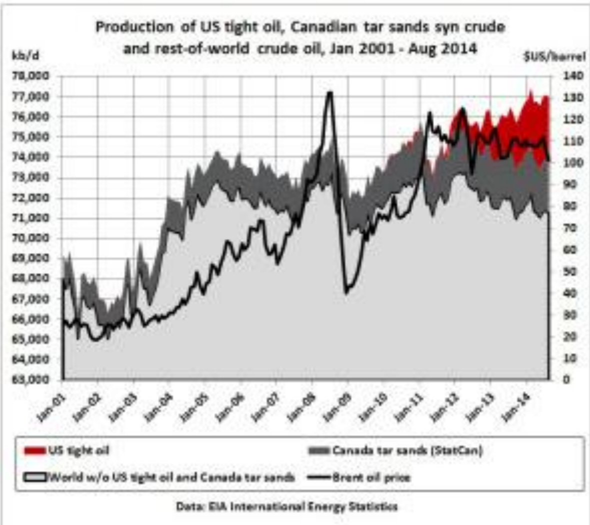
Pirámide que muestra la disminución de energía neta en función de la calidad del recurso, convencional o no (Fuente: Mikael Höök)

Es en el caso de estos combustibles no convencionales (shale), petróleo y gas, donde se observa con mayor claridad, y velocidad, el descenso acelerado de la TRE. El problema de los combustibles no convencionales es que, a diferencia del petróleo convencional, la producción desciende exponencialmente tras las primeras capturas, a un ritmo del orden de ¡25-50% al año! (según yacimiento). Esta singularmente rápida disminución de la

producción de este tipo de yacimiento obliga a perforar cada vez más para compensar obtener la misma producción, con lo que los costes tanto energéticos como económicos aumentan constantemente, y exponencialmente.

Para ello las empresas energéticas no paran de vender activos, pedir créditos y venderse a las más grandes, en lo que se conoce como *Wall Street drill*. Es de hecho un esquema piramidal, una burbuja, que reventará más temprano que tarde. El coste marginal de extracción es tan elevado que en racionalidad económica[6], si el precio de mercado disminuye demasiado, deberían detener la producción (498).


¿Sabe usted cuántos yacimientos se habían explotado mediante *fracking* en los Estados Unidos hasta febrero de 2014? Piense una cifra. Cuando hago esta prueba con amigos suelen responder alrededor de 5.000. Pues agárrese: son 1.156.870. Dado que el déficit de petróleo convencional está siendo cubierto, por ahora, con este no convencional (que además casi siempre entrega también gas) corresponde ahora preguntarnos cuándo es previsible que se alcance el cénit en el caso de los no convencionales. Podríamos así tener una primera indicación de hasta cuándo este petróleo no convencional podrá seguir tomando el relevo del convencional.



J. David Hughes, geólogo canadiense con más de 40 años de experiencia que trabajó en el Instituto Geológico de su país y autor de '*Drill, Baby, Drill: Can Unconventional Fuels Usher in a New Era of Energy Abundance?*[7]' (499, traducido al español por Perfora, Chico, Perfora, y que se puede descargar aquí), avanzó por videoconferencia los resultados de un estudio según el cual el cénit de los combustibles no convencionales, los que nos tenían que salvar de los límites del *grifo* de los convencionales, el denominado *peak shale*, tendrá lugar alrededor de 2017-2018 en el yacimiento que lo tiene más lejano (Eagle Fort, Texas), si bien en el informe escrito final se cura en salud señalando que se producirá antes de 2020 (500). Poco antes había publicado en Nature un 'reality check' de esta supuesta

shale revolution, donde señalaba el limitado número de yacimientos restantes y el elevado coste de extracción, superior al precio de venta por lo menos en (casi) todos los yacimientos de gas (501). Un nuevo esquema, timo piramidal.

El frenético aumento del ritmo de perforación y bombazo underground puede sostener o aumentar la producción durante cierto tiempo, pero ello provocará inevitablemente que la disminución, cuando llegue, sea más acusada todavía. ¡Más acusada!

Pico de energía neta

Recordemos el meollo de la cuestión para fijar ideas. Lo que en el fondo importa es cuánta energía neta tenemos a disposición por unidad de tiempo para hacer funcionar la megamáquina. Dicho de otra forma, qué *potencia máxima* puede desarrollar este ingenio[8]. Para ello no importa solo cuál es la producción de petróleo, gas, carbón o nuclear, que pueden crecer, y mucho menos importan las producciones locales en un mercado globalizado. Lo que importa es la energía que se va a obtener de esos recursos energéticos, que es distinta para cada fuente, ***menos*** la energía empleada para ponerlos en disposición de entregar su energía potencial. En el caso de la energía no nos vale solo la producción. Es necesario restarle el consumo que ha sido necesario para ello.

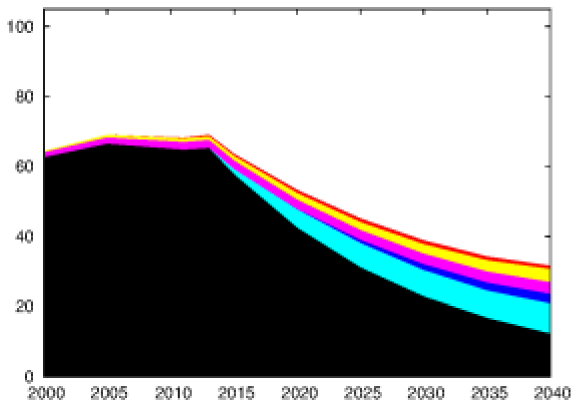
Si calcular la TRE de una fuente o tecnología ya tiene su aquél, calcular el cénit de la energía neta es más complicado si cabe pues, además de este parámetro, interviene el hecho de que los distintos combustibles y yacimientos tienen un contenido energético distinto. Las distintas definiciones que se atribuyen a cada ente por los diferentes actores complican aún más la situación, por lo que solo es posible hacer estimaciones expertas, adivinanzas.

Un análisis de Richard Heinberg en la lejana fecha de 2010 apuntaba sin embargo a 2020:

“Creemos que no es probable que la oferta mundial de energía pueda seguir a la demanda más allá de 2020. Luego serán necesarios nuevos límites en el consumo de energía en todos los sectores de la sociedad – incluyendo agricultura, transporte y manufactura – y vendrán impuestos por los precios de la energía y por la escasez si no lo han sido antes mediante la planificación y la política.” (502)

Según manifestó Ugo Bardi en Barbastro, este pico se estaría produciendo ya en 2014.

Todas estas cosas, y muchas más, las puede usted encontrar en las referencias científicas que voy añadiendo y, más digeribles, en el exhaustivo blog divulgativo y comprometido de Antonio Turiel. Ése fue mi punto de partida en este terreno, en mi desesperada (e infructuosa) búsqueda de respuestas al cambio climático – intentando a la vez salvar la civilización. Lo más destacable y reciente, y altamente ilustrativo y revelador, es el análisis que acaba de realizar acerca de la evolución de la energía neta disponible obtenida a sólo a partir del petróleo basándose en los informes de la Agencia Internacional de la Energía, eliminando la fantasía y las propias contradicciones que pone de manifiesto, y que da lugar a la gráfica adjunta para el caso del último informe de 2014 (503).



Evolución de la producción de energía neta a partir de hidrocarburos líquidos en un escenario más realista, de acuerdo con el WEO 2014 (Fuente: Antonio Turiel, ref: 499)

Como ve, la energía neta disponible a partir del petróleo estaría ya disminuyendo.

Me doy cuenta de que en este asunto del *peak oil* ocurre como con lo del cambio climático. A más y mejor información, más inquietante, todo más próximo, más inminente, peor.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

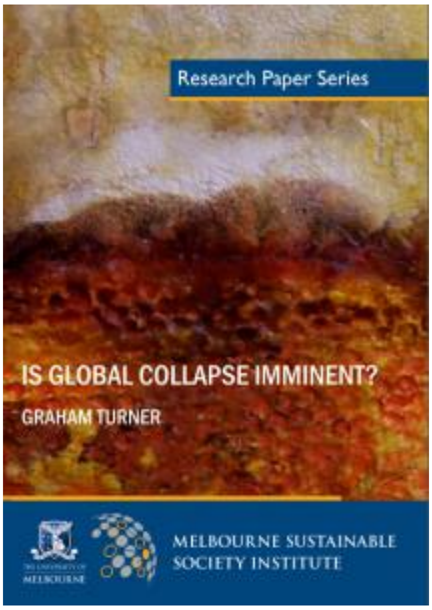
[1] Abandonad el petróleo antes de que nos abandone él a nosotros – Fatih Birol, Agencia Internacional de la Energía, 05/05/2008
[2] Salvo en el caso de industrias intensivas en energía por requerir muy altas temperaturas como la siderurgia, química y algunas otras
[3] Y qué es lo que se toma en consideración para ello es objeto de debate, pero recuerde el ejemplo de la velocidad media de su vehículo: hay que contarlo *todo*.

[4] A no ser que alguien me pague por ello, y de ser así soy yo el único que se va a beneficiar, pues no entregaré energía neta alguna al (resto del) sistema económico. Lo comido por lo servido. Es el caso de los biocombustibles (508)
[5] Millones de barriles al día
[6] La racionalidad económica en una empresa capitalista señala que no hay que producir nunca por debajo del precio de venta
[7] Perfora, Chico, perfora. ¿Pueden los combustibles no convencionales acompañar una nueva era de abundancia energética? (499). La respuesta de David Hugues es un rotundo No
[8] Es la potencia, estúpido, titulaba Antonio Turiel en 2012

9: Nivel de cumplimiento de las previsiones de LLDC – 9.3 Qué es lo que produce el colapso

05/01/2015 por Ferran P. Vilar

"We'll never be able to go back again to the way we used to think.[1]" (Holista anónimo)



Índice de la serie y enlaces

Graham Turner, de la Universidad de Melbourne, en su revisión de LLDC del pasado verano, muestra cómo, de hecho, el modelo World3 ya tenía en cuenta implícitamente la tasa de retorno energética (TRE)[2], variable que, a semejanza de la huella ecológica, apenas nadie había considerado por aquel entonces. Lo hace viéndola equivalente a (la inversa de) una variable del modelo, a saber, la fracción de capital que es necesario asignar a la obtención de recursos (también energéticos) (509). Es decir, a los costes de extracción y asimilados, que sabemos crecientes desde la última entrada, y que aquí repetiremos resumidamente con algún complemento.

Son crecientes porque la necesidad de capital de inversión para obtener la misma cantidad de energía[3] aumenta con el tiempo, pues la racionalidad económica exige que los recursos más accesibles, que son los que requieren menor inversión (o que ofrecen más rentabilidad) se extraigan antes.

También lo son por razones geológicas, pues no es posible obtener una cantidad creciente de energía por unidad de tiempo a partir de más o menos la mitad de un yacimiento: el fluido requiere mayor presión para ser extraído, y además el material es mucho más impuro (agua, arena, etc.), requiriendo un tratamiento posterior cada vez más sofisticado y que por tanto demanda cada vez más energía. No es que no importe el tamaño o la capacidad del depósito remanente. Pues lo más importante, insisto, es el caudal máximo que permite el grifo, la nueva energía que somos capaces de extraer en términos de caudal, de producción por unidad de tiempo (510). Ya hemos visto todo esto, pero lo recuerdo en la medida de que hemos examinado también cuán fácil es confundir acumulaciones con flujos.

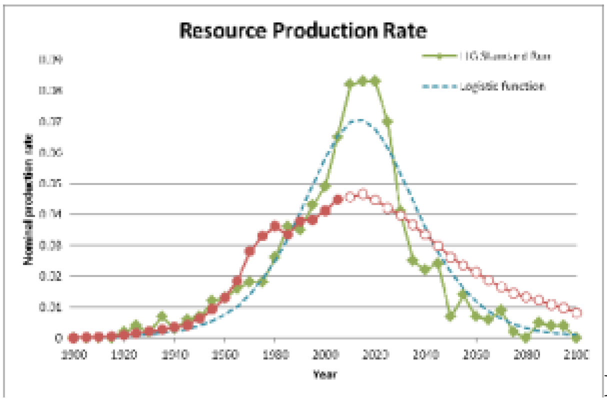
Muchos economistas creen de buena fe que es posible aumentar la producción con sólo aumentar la inversión, como si el planeta fuera una fábrica cuya capacidad máxima de producción pudiera ser modificada a voluntad. Hay que darse cuenta de que el planeta no fabrica combustibles fósiles, de modo que la lógica industrial resulta aquí seriamente limitada. Estos combustibles hace mucho que fueron fabricados, y depositados en almacenes. Estos almacenes primitivos además se han deteriorado con el tiempo y, tras un primer acopio de mercancías fácilmente accesibles, el responsable del almacén tiene ahora cada vez más dificultades para servir lo demandado. Y pide tiempo.

Pero esta es una verdad sólo a medias: la variable principal es, hoy, la *calidad* del producto extraído. Esto vale tanto para productos energéticos como para minerales.

En expresión de LLDC:

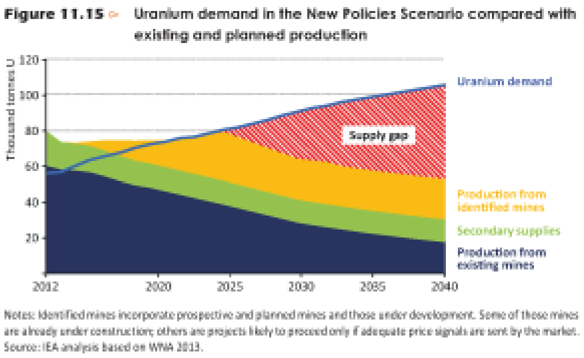
"A medida que se consumen los recursos, se supone que se deteriora la calidad de las reservas remanentes; además se supone que los yacimientos se descubren a mayor profundidad y se explotan cada vez más lejos de los lugares de uso. Esto significa que se precisará más capital y energía para extraer, refinar y transportar una tonelada de cobre o un barril de petróleo del subsuelo (p. 244)… A medida que los recursos no renovables resultan más difíciles de obtener … el capital se destina a producir más. Debido a ello, queda menos producto industrial para invertir en el mantenimiento de la elevada producción agrícola y del ulterior crecimiento industrial." (p. 274) (511)

Por dónde se produce el colapso



Es decir, el capital orientado a obtener energía se va agotando. Y como de la energía no se puede prescindir ni puede ser sustituida por otra cosa, el capital acaba siendo detraído de otras funciones bien sean de inversión en cualquier otro sector productivo (bienes de equipo, alimentación, mantenimiento, etc.) o bien de servicios (sanidad, educación, dependencia, atención a la tercera edad), para ser asignado a la obtención de energía. Llega un momento, de aparición muy rápida, súbita, en que no queda capital para casi nada que no sea para obtener energía – y la mayor parte de esa energía no se emplea para otra cosa que para obtener sólo un poco más de energía, pero cada vez menos. Esto equivale, en terminología económica, a un escenario de *rendimientos decrecientes*, por lo que aplicará su ley. De modo que la disponibilidad neta de energía para el (resto del) sistema económico va a ser decreciente (si no lo es ya), y así lo va a ser entonces la actividad económica, inexorablemente (e inevitablemente). Visualice usted la económica *ley de rendimientos decrecientes* si por algún motivo no le interesa la geología o le incomoda la segunda ley de la termodinámica.

Turner examina si el colapso es evitable por la vía de los combustibles fósiles no convencionales (*shale*, *tight*, etc.). No, precisamente porque sus necesidades de capital-energía son enormes lo que, en sus términos, significa una tasa de retorno energética TRE muy baja – en el caso de los biocombustibles es probable que sea inferior a 1. Para que eso fuera posible, en el mejor de los casos se requerirían tasas de incremento de la producción no convencional de un mínimo del 10% anual de forma sostenida durante décadas (512), cosa manifiestamente imposible. No hay tantos en el almacén; sabemos que su cénit es muy cercano.



Evolución prevista de la demanda y la producción de uranio. Se observa el pico alrededor de 2025, pero algunos consideran optimista esta previsión (Fuente: AIE, 2014, citado en ref. 516)

En este punto es clave el *retardo* del sistema que hemos encontrado como mensaje central de LLDC: aunque fuera posible físicamente – que no lo es – tampoco se llegaría a tiempo, por muchos esfuerzos y sacrificios denodados que estuviéramos dispuestos a soportar. Así, en el caso nuclear tampoco encontramos respuesta (casi diría que afortunadamente), pues no se obtendría energía *neta* hasta más de 30 años después de su puesta en funcionamiento (513,514), si es que por entonces no hiciera demasiado calor y resultara ya imposible refrigerar los reactores una parte del año (515) como ya ha ocurrido algunas veces. Todo ello sin contar con el cénit del uranio, que la moderada AIE[4] prevé ya para 2025, como puede verse en el gráfico adjunto (516), pero que otros independientes sitúan en la década presente (517) e incluso en 2015 (518).

Límites de las energías alternativas

El argumento solar

He oído a personas inteligentes y generalmente bien informadas repetir que, pues tenemos el sol, en definitiva somos capaces poco menos que de disponer de toda la energía que nos dé la gana. Y que entretanto lo que hay que hacer es mejorar la eficiencia. Se lo oí decir hace poco a Joan Majó, exministro de industria, ingeniero para más señas. Sólo le faltaba apelar a la energía de fusión, esa a la que siempre le faltan 50 años para ponerse a funcionar[5].



Planta CSP Gemasolar, en Sevilla. ¿Lo comido por lo servido?

El problema con el argumento solar es que, al parecer, hemos alcanzado el límite físico en nuestra capacidad de *concentración* de la energía de esa procedencia, o bien estamos ya muy cerca de él. Para poder hacer uso de la energía, es decir, hacerle hacer el trabajo que queramos, es preciso previamente concentrarla, acumularla, transportarla, para lo cual se necesitan materiales, muchos de ellos raros o escasos (un PC contiene casi toda la tabla periódica). Al multiplicar los concentradores solares o eólicos estos materiales se agotan antes de que los equipos que conforman nos ofrezcan la energía que les exigimos, y/o necesitaremos emplear más energía de la que el artilugio nos acabará entregando a lo largo de toda su vida útil. Bueno, la que decimos necesitar.

Reduccionismo renovable

En definitiva, había suposiciones de base en la apuesta por las energías renovables realizada por distintos colectivos que se están mostrando erróneas. En realidad ocurre que, desde cualquier preocupación por el problema energético global, estamos probando la misma amarga medicina de la que acusamos a los economístas ortodoxos: dar por buenas suposiciones de partida que el tiempo está revelando erróneas. Errores que se hacen patentes precisamente cuando nos acercamos a los límites, cuando miramos con las luces largas.

En este sentido hay por lo menos cuatro suposiciones inexplícitas en las que pocos habían (habíamos) pensado hasta hace bien poco.

Escalabilidad

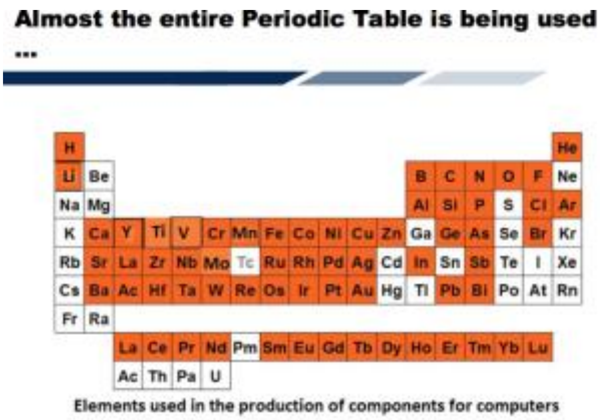
La primera es la cuestión de la escalabilidad: no es posible instalar unos cuantos molinos o placas solares, etc., que funcionen muy bien en ubicaciones casi de laboratorio y suponer que, si lo multiplico por diez millones, funcionará más o menos igual de bien y tendré toda la energía que quiera. Ni mucho menos.

Esto recuerda el optimismo de la función de producción de la economía neoclásica, según la cual puedo conseguir cualquier cosa a base de combinar capital y trabajo. También recuerda la falacia de agregación, que también hemos mencionado.

Ocurre que los molinos alteran los vientos (pues absorben parte de su energía), y la perspectiva de millones de molinos cerca del Ártico, que es donde hace más viento, ha sido ya aguada y con pocas esperanzas de recuperación (519). De hecho las disfunciones comienzan bastante antes de estas cifras. Todo se realimenta, como repite Carlos de Castro. Pero vamos a suponer que este efecto no se produce, o que es mínimo.

Rareza material

La segunda suposición se refiere a los materiales. ¿Hay materiales suficientes como para fabricar y dotar de la eficiencia técnica necesaria a tantos equipos (aerogeneradores, espejos, placas fotovoltaicas)? No lo parece.



Elementos empleados en la fabricación de un PC (Fuente: Alicia Valero, ref. 533)

Hay un problema de disponibilidad suficiente de los materiales clave que proporcionan la eficiencia técnica máxima realizable, por ejemplo las denominadas tierras raras (que no siempre son raras) como el neodimio, presente en los motores de los aerogeneradores, el indio o el telurio como dopantes del silicio de las placas fotovoltaicas de alto rendimiento (20%), o los recubrimientos de los espejos solares. Este tipo de materiales son muy poco reciclables (actualmente se recicla menos del 1%), pues la cantidad de energía requerida para ello es extremadamente elevada. Sin embargo un estudio reciente del Wuppertal Institute muestra que podría haber materiales suficientes bajo ideales y muy estrictas condiciones de reciclaje. Pero *solo para el sistema energético alemán* (520).

Con todo supongamos, por seguir con el argumento, que no tenemos limitaciones materiales significativas.

Energía bruta máxima

La tercera suposición es algo así como la imagen especular de la primera. Lleva a creer que puedo obtener de los vientos, del sol, de las olas o de lo que sea la energía que desee. Pero no: existen límites termodinámicos a la energía captable. Carlos de Castro, líder del Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid, cuenta cómo se le ocurrió investigar este aspecto desde el punto de vista sistémico, mirando *desde arriba*. Si todos los vientos del mundo disipan una energía total de 1.000 TW en una atmósfera de 10.000 m de altura ¿cómo alguien como Mark Jacobson, de la Universidad de Stanford, puede decir que es posible captar 100 TW con molinitos de 100 metros? ¿Cómo se lo dejan publicar académicamente? (521)



Gracias a los vallisoletanos ahora sabemos ya de los límites termodinámicos de las energías alternativas – eólica (522), solar (523,524), vegetal (525) – aunque no nos lo queramos creer (526). En suma, podríamos extraer un máximo (bruto) de alrededor de 5 TW (1-2 TW eólicos más 1,75-4,5 TW solares), según datos publicados formalmente. A comparar con los cerca de 12 TW que empleamos ahora.

Hasta hace poco nos creíamos que las *renovables* tampoco tenían límites. Pero vamos a suponer momentáneamente, una última vez, que los tres anteriores no suponen una limitación importante.

Coste ≡ TRE

Así pues, supongamos que el impacto en el entorno de decenas o centenares de millones de equipos es despreciable, que contamos con todos los materiales necesarios, y que Zeus, Eolos y otros dioses se muestran generosos. ¿Cuánta energía voy a emplear para fabricar, instalar y mantener ese inmenso parque? ¿Más, o menos que la que va a entregar a lo largo de toda su vida útil? Si alguna más ¿para qué voy a hacerlo? ¿Sólo para cobrar las subvenciones? ¿No es eso extractivismo de lo público?

¿No será que no habíamos tenido en cuenta este aspecto crucial? Que es, en definitiva, el lugar por donde *revienta* World3.

Todo ello es suficientemente molesto sin necesidad de contar con el terreno ocupado por tanto artilugio (su *densidad energética* es baja en comparación a los fósiles). Sin contar tampoco con la intermitencia de funcionamiento, que a menudo requiere de respaldo hidráulico mediante bombeo inverso (con lo que aumentan las necesidades de energía) o bien respaldo fósil. No hablemos de su reducida portabilidad. Ni de la necesidad de las nuevas redes de distribución eléctrica, de mayor longitud y más sofisticadas, requeridas por la generación distribuida e intermitente mediante estos generadores alternativos.

[Si quiere entrar en detalles de por qué la energía solar fotovoltaica no despega, y difícilmente despegará, siga el muy reciente debate entre el optimismo bienintencionado, pero teórico, de Marta Victoria y Rodrigo Moretón, colaboradores del Círculo de Economía, Energía y Ecología de Podemos, por una parte (527), y la realidad práctica de Pedro Prieto, por otra (528).]

Y es que la TRE de todas las *renovables*, con la posible excepción de la eólica, es demasiado cercana o inferior a 1:1.

No todo es electricidad (ni mucho menos)

Finalmente, una cuestión que no es baladí. Se habla mucho de sustituir la energía de origen fósil por las energías renovables (que de hecho son *equipos no renovables* que captan temporalmente durante su vida útil parte de los flujos de energía renovable de la naturaleza). Pero la generación de electricidad constituye solamente alrededor del 20% del consumo energético mundial total. La megamáquina no es solo accionada mediante electricidad. No en el transporte, donde no es fácilmente sustituible por electricidad, desde luego en las aplicaciones de potencia (de camiones para arriba). Tampoco en la alimentación.

Por su parte Ted Trainer, también australiano de la Universidad de Nueva Gales del Sur**,** lleva tiempo señalando esta imposibilidad de un *todo renovable*, desde luego al consumo energético actual (529-531), y enfrentándose intelectualmente a los gurús de Stanford Mark Jacobson y Mark Delucchi, revisores presumiblemente poco imparciales de la publicación académica *Energy Policy* que, según he oído argumentar (pero no puedo confirmar por ahora), tienen importantes intereses en energías renovables. Tampoco puedo asegurar que sea ése el motivo de las dificultades de credibilidad que experimenta *Energy Policy*, pero lo parece demasiado.

Desde luego nos han ido vendiendo estas energías alternativas como panaceas, una tras otra, que el movimiento ecologista ha ido comprando con entusiasmo militante, y con él muchos de nosotros, pensando entre todos que sabíamos lo que hacíamos y que nos asistía la razón.

En la próxima entrada veremos si hay más modelos como el World3 de LLDC, más recientes, que se hayan hecho las mismas o similares preguntas. Y cómo las han respondido.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

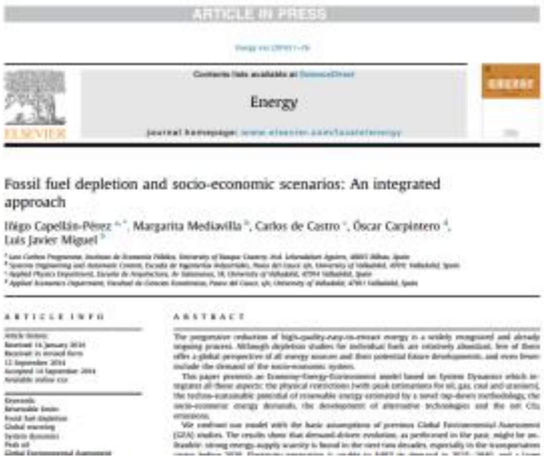
Notas al pie

[1] No podremos volver nunca más a la forma en que hasta ahora pensábamos
[2] Tasa de retorno energética: (Inversa de la) cantidad de energía necesaria para obtener una unidad de energía
[3] Energía neta
[4] Agencia Internacional de la Energía
[5] Si tiene dudas sobre la viabilidad de la energía de fusión el mejor texto que he leído al respecto es el de la ref. 532

9: Nivel de cumplimiento de las previsiones de LLDC – 9.4 ¿Es World3 el único en predecir un colapso inminente?

06/01/2015 por Ferran P. Vilar

"Under the impact of new science, the apparent limits of resources may be pushed back for a while; but finally what E. T. Whittaker called 'impotence principles' – for example, the laws of thermodynamics – will exert their influence on policy." – Garrett Hardin (1998)[1]


ARTICLE IN PRESS

Contents lists available at ScienceDirect

Energy

Fossil fuel depletion and socio-economic scenarios: An integrated approach

Iñigo Capellán-Pérez, Margarita Mediavilla, Carlos de Castro, Óscar Carpintero, Luis Javier Miguel

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Índice de la serie y enlaces

Una vez conocemos ya los augurios de LLDC veamos otros modelos similares posteriores a World3, algunos muy cercanos en el tiempo y el espacio. A ver qué nos dicen.

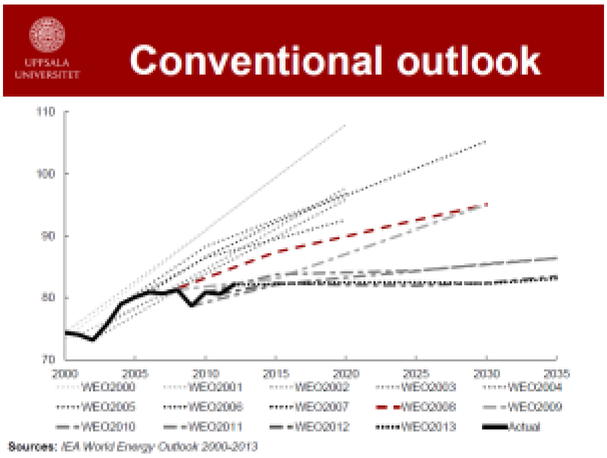
Dos años después de la publicación de LLDC el Club de Roma encargó otro informe, más detallado, basado en las mismas ecuaciones pero que dividía el mundo en 10 zonas.

Los resultados fueron parecidos, pero mostraron cómo el colapso no se producía de manera uniforme en todas las regiones (534). Pero démonos cuenta de que el nivel de globalización e interdependencia era por entonces mucho menor. También hemos mencionado el informe Global 2000, encargado en 1980 por el presidente de los Estados Unidos Jimmy Carter: las mismas perspectivas (418).

Pero para responder con mayor concreción a la pregunta del titular examinaremos en primer lugar otro modelo, muy reciente, y próximo, denominado WoLiM (de *World Limits*), también basado en dinámica de sistemas. Su pretensión, según sus autores, es abarcar algunos aspectos no contemplados por World3 con la idea de mostrar, con cierto detalle, qué caminos *no* son ahora transitables ya (535). Ha sido desarrollado por los investigadores del Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas la Universidad de Valladolid, que sabemos de excelencia. Sus resultados han sido ya publicados (536) y deberían alcanzar un fuerte eco.

Examinemos en particular las limitaciones y omisiones (reconocidas y voluntarias) del modelo, que resultan de lo más elocuente. WoLim no tiene en cuenta la intermitencia de la energía renovable ni la – cada vez más decreciente, disculpe que me repita, es el concepto central – tasa de retorno energética. Tampoco contempla el *efecto rebote* de las ganancias de eficiencia energética. No contempla la existencia de grandes conflictos ni desastres naturales. Climáticamente sólo tiene en cuenta las emisiones de CO_2, y no las de otros gases de efecto invernadero importantes, como el metano o los CFC/HFC. Considera que la fracción de las emisiones de CO_2 que es absorbida por la naturaleza es constante, y que se puede mejorar por la vía de la reforestación, pero sin que se manifiesten en ningún momento efectos de saturación – a pesar de que sabemos que si se producen (537). Tampoco considera el aumento de temperatura que se produciría en el caso de que se redujera la generación de electricidad a base de carbón debido al efecto de apantallamiento solar que presentan los aerosoles emitidos por este proceso industrial en los países no regulados – y que dejarían al forzamiento térmico de los gases campar a sus anchas en toda su magnitud (538).

Tampoco tiene en cuenta la realimentación entre energía y economía, como si no existiera una relación directa entre disponibilidad de energía y la actividad económica, como si las cosas pudieran ocurrir sin energía, o con (mucha) menos energía. Justifican esta omisión advirtiendo que *no hay consenso* sobre ello en la literatura académica (539), aspecto que he comentado ya.



Evolución de las previsiones de producción de petróleo de la Agencia Internacional de la Energía desde su informe World Energy Outlook de 2000 hasta el de 2013. Siempre a peor, siempre a peor (Fuente: Mikael Höök, Uppsala Universitet – Ref: 561)

Pues bien. En estas condiciones, el equipo de la Universidad de Valladolid, liderado en este caso por Iñigo Capellán[2], advierte que los resultados de WoLim no son compatibles con ninguno de los escenarios de futuro planteados por las agencias internacionales tipo Agencia Internacional de la Energía, perspectivas que considera optimistas en grado sumo (540) – y deben serlo también las que se acaban de actualizar (541). De hecho, los problemas serios comienzan a aparecer *siempre*, en *todos* los escenarios considerados, *antes* de 2020 (542). En este punto es importante darse cuenta de que las limitaciones que he listado más arriba operan todas en el mismo sentido: de ser tenidas en cuenta, harían que los problemas (el colapso, digamos) comenzaran a manifestarse antes, de hecho bastante antes de 2020 (543).

Y más

Ellos mismos señalan que bastaría con tener en cuenta la influencia de la tasa de retorno energética para que las cosas pintaran ya realmente mal. No lo hacen, con el único objetivo de no incomodar a los revisores del texto, economistas poco proclives a la realimentación, y facilitar así su publicación en sede formal *peer-reviewed*[3]. Pero se remiten a otros modelos y trabajos publicados que si han considerado esta influencia, aun cuando tengan algún enfoque algo distinto. Pues ocurre que tan pronto se hace intervenir la TRE y/o la relación entre energía y economía, todos ellos *colapsan* antes de 2020 (544). *Todos* ellos (545-547).

Esto encaja con lo que hace un par de años nada menos que 22 autores liderados por Anthony D. Barnosky, del Department of Integrative Biology de la Universidad of California, advertían en Nature, bajo el título *Approaching a state shift in Earth's biosphere*:

"La comparación de la intensidad actual del cambio planetario con la situación que caracterizó cambios de estado de escala global en el pasado, y los enormes forzamientos que seguimos ejerciendo, sugieren que una nueva transición a escala global es altamente plausible en el plazo de décadas o siglos, si no se ha iniciado ya." (594)

¿La NASA contra la desigualdad?

Por su parte, un estudio publicado en la académica *Ecological Economics* a principios de 2014 – indebidamente atribuido a la NASA aunque empleaba herramientas suministradas por esa agencia – analizaba las posibilidades de colapso en un entorno mundial con distintas capacidades de carga y distintos niveles de desigualdad social. Investigadores del departamento de políticas públicas y de matemáticas de la Universidad de Maryland encuentran, mediante un modelo dinámico conceptualmente similar al de Turchin y Nefedov (548), que el colapso irreversible es evitable *sólo* en la medida en que el empleo de los recursos naturales se reduzca a un nivel sostenible (regenerable por la naturaleza en tiempo real, o sea sostenibilidad *fuerte*) *y* también se limite severamente la desigualdad social (549). *Pero no de otra manera*. Usted ya se da cuenta de que en este caso estamos en un terreno poco contraintuitivo, pero de nuevo algo subversivo. Los autores destacan que:

“Mientras algunos miembros de la sociedad pueden estar haciendo sonar la alarma mostrando cómo el sistema se mueve hacia un colapso inminente y que, por lo tanto, es preciso adoptar medidas de cambio estructural para evitarlo, las élites y sus seguidores, que se oponen a estos cambios, pueden recurrir a la larga trayectoria sostenible ocurrida ‘hasta ahora’ para defender la inacción.” (550)

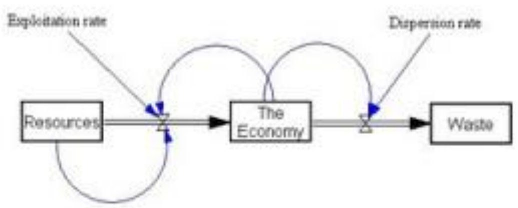
¿Le suena de algo, querido lector?

Por su parte las ecuaciones demográfico-estructurales de Peter Turchin, calibradas para ser capaces de reproducir la evolución hasta el colapso de multitud de civilizaciones pasadas, señalan, según le publicaron en una carta a *Nature* en 2010, una severa recesión alrededor de 2020 (551).

Así pues resolver la desigualdad, nos guste o no o más a unos que a otros, se está revelando como matemáticamente necesario (aunque no suficiente) si queremos abordar de alguna manera la que se nos viene encima.

El ‘Colapso de las Sociedades Complejas ‘

Quien a mi entender mejor ha definido, vía navaja de Occam[4], el proceso en curso, ha sido el australiano Joseph Tainter. En su *Colapso de las Sociedades Complejas*, publicado en 1988, se dio cuenta de que la problemática y los conflictos que genera la creciente actividad humana, individual o gregaria, se suelen resolver mediante la creación de instituciones de interés común (552) como respuesta a la denominada *Tragedia de los Bienes Comunales* (553). Cada una de esas instituciones genera su propia problemática, con lo que el sistema va aumentando progresivamente en densidad y complejidad. Todo este sarao, en principio improductivo, va absorbiendo una parte creciente de la energía disponible. Tainter sugiere que, a medida que se van resolviendo los problemas, por la vía de generar instituciones, este proceso está (también) sujeto a la ley de rendimientos decrecientes, de forma que se precisa cada vez más energía para resolver un mismo problema, o equivalente.



Modelo de dinámica de sistemas correspondiente al “Colapso de las Sociedades Complejas” de Joseph Tainter, elaborado por Ugo Bardi (558)

Cuando la energía neta a disposición del sistema económico deja de ser creciente ya no pueden resolverse más problemas (en promedio, se entiende), y cuando comienza a ser decreciente queda comprometida la supervivencia del grado de complejidad alcanzado (554-557). Tainter no tiene un modelo de dinámica de sistemas cuantificado, y reflexiona en sus *papers* académicos y libros a partir de su visión sistémica cualitativa y de tener bien aprendidas las leyes de la termodinámica. ¿Where is the physics?[5] se preguntó Ugo Bardi, el catedrático de la Universidad de Florencia. Y lo formuló

matemáticamente de una forma muy sencilla. Llegó, efectivamente, a esa misma conclusión, ahora de manera formal e inequívoca (558).

También ha asumido y elaborado esta tesis de derrumbe sistémico a corto plazo David Korowicz, de la *Foundation for the Economics of Sustainability* (Feasta), quien ya en 2010 anunciaba un *tipping point* próximo (559). Claro que depende de qué entendamos por *tipping point* pues, como he señalado más arriba, el punto de rebasamiento fundamental se produjo a principios de los años 80, cuando comenzó la extralimitación. Ya he señalado que el bienestar, globalmente considerado, medido no en PIB – que no mide bienestar ninguno – sino en GPI (Genuine Progress Indicator), llegó entonces a su máximo para comenzar a descender a partir de entonces. Ojo al dato.

En la próxima entrada veremos qué posibilidades tenemos de evitar estos escenarios.

Índice de la serie y enlaces

Examinar referencias

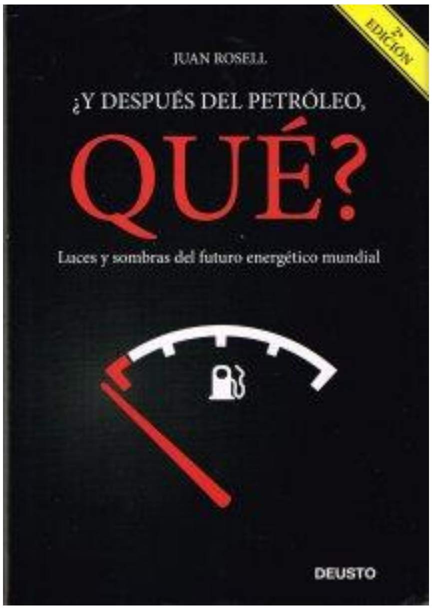
Notas al pie

[1] Bajo el impacto de nuevos avances científicos los límites aparentes de los recursos pueden ser empujados durante un breve tiempo. Pero finalmente lo que E. T. Whittaker denominaba 'principios de impotencia' – por ejemplo las leyes de la termodinámica – acaban ejerciendo su influencia en la política. Garrett Hardin, Extensions of "The Tragedy of the Commons", Science (1998) (560)
[2] Ahora en el BC3, centro vasco de investigación en cambio climático
[3] Revisados por *pares*
[4] Simplificación sin pérdida de rigor
[5] ¿Dónde está la física?

10: ¿Lograremos evitarlo?

07/01/2015 por Ferran P. Vilar

"But man is a part of nature, and his war against nature is inevitably a war against himself."[1] – Rachel Carson



Juan Rosell, presidente de la CEOE

Índice de la serie y enlaces

No crea que LLDC fue un librito técnico que circuló solo por círculos restringidos más o menos ilustrados. Favorecido por un lenguaje asequible a muchos públicos, el informe fue traducido a 40 idiomas y vendió, como hemos dicho, alrededor de 12 millones de copias en todo el mundo (464). Luego está presente en muchas bibliotecas, de donde vale la pena rescatarlo para comprobar la moderación de sus afirmaciones y verificar la magnitud de las barbaridades que se han dicho sobre él.

La patronal española y el petróleo

En este punto es interesante examinar con algún detenimiento el contenido del libro *¿Y después del petróleo qué?*, de Juan Rosell Lastortras, actual presidente de la CEOE[2], la patronal española. Lo publicó siendo ya presidente de *Foment del Treball*, la patronal catalana. De modo que puede decirse que los empresarios españoles eligieron esas opiniones cuando le eligieron presidente, siquiera en parte.

El libro está orientado a defender la energía nuclear a la vista de un *peak oil* que consideraba, en 2007, todavía lejano y posible alrededor de 2030 – ‘según los cálculos de los más optimistas’ – con un consumo de 120 mbd, lo que pronosticaba por aquél entonces la Agencia Internacional de la Energía. Yo creo que lo hace honestamente, incluso a pesar de que manifiesta conocer los trabajos de Colin Campbell (562) y los datos de ASPO Internacional[3], como queda claro cuando afirma con rotundidad que ‘estamos llegando al tope de producción posible’ y que ya se ha puesto en marcha ‘la bomba de relojería contra nuestra actual sociedad devoradora de energía’ (563). En cambio, hemos visto cómo no se ha leído LLDC y habla por boca de terceros al asumir el famoso *Club de Rome was Wrong*.

Algo hace que Rosell otorgue más credibilidad a datos de empresas y *think tanks*[4] claramente partidistas que a datos independientes. Pero Rosell, que es ingeniero industrial y como tal tiende al tecnooptimismo – hasta el punto de afirmar, sin

demostración posible, que están mejor fundamentados los argumentos que creen en las tecnologías inexistentes del futuro que los que cuentan con lo que hay (y con las leyes de la termodinámica, añado) (564) – debería haber tenido en cuenta más variables de las que maneja, pues queda claro que las conoce. Rosell en ningún momento menciona la TRE, aunque ocasionalmente se refiere a rendimientos decrecientes implícitos cuando habla de costes crecientes de extracción. Claro que así, con toda la energía que quiera y a bajo precio, todas las tecnologías son magníficas: la ingeniería se convierte en un precioso juego de adultos jugando a dioses y el futuro presenta pocos retos insolubles, como señalaba Meadows respecto a la función de producción que emplean los economistas. Pero esto resulta ser cierto *sólo* sobre el papel: una abstracción excesiva en la que muchos hemos caído.

Otra cosa que parece haber olvidado Rosell es la segunda ley de la termodinámica, a pesar de que se la enseñaron en tercero de carrera. Vean si no:

“El crecimiento mundial se ha multiplicado por catorce desde 1970, mientras que el consumo petrolífero o energético en el mismo número de años sólo se ha multiplicado por algo menos de dos.” (565)

Esto sólo se puede decir desde la ignorancia, la trampa o, como mínimo, la falta de cuidado. Esto es una imposibilidad termodinámica, que sólo me explico por el hecho de que no haya querido descontar la inflación, entre otras simplificaciones[5]. Cuando alguien como Rosell escribe esto, y después se lee a sí mismo antes de mandar el fichero al editor, ya tendría que haberse dado cuenta de que hay algo que no cuadra, y haberlo corregido. Otro sin límites, o con demasiadas prisas, o con razonamiento inverso.

Pero cuando Rosell afirma que el ‘Club de Roma’ había predicho el agotamiento del petróleo en 1992, y es manifiestamente falso que LLDC predijera eso, uno comienza a sospechar si un libro que se supone bien documentado y que aparenta una preocupación sincera sobre el futuro energético tiene la solidez necesaria. Resulta además que, sin negar el cambio climático, y tras referirse a los ecologistas en el párrafo anterior, redacta lo siguiente:

“En el debate energético, el cambio climático es un tema tan trascendente para la Tierra y sus habitantes que, si alguien pretende politizarlo, ensuciarlo o manejarlo hacia sus intereses partidistas o electorales, es obligación de la sociedad sacar a la luz pública datos, números e información, así como poner sin miramientos en el banquillo de los acusados a quienes sólo aportan malestar, gritos, bronca y provocaciones de todo tipo. Es el momento de las soluciones y no de las buenas intenciones … El enigma – problema o situación – del cambio climático es un tema para tomarse muy en serio en clave de presente y todavía más de futuro.” (566)

Con o sin agencia de comunicación detrás, esta ambigüedad calculada, que no se sabe a quién se dirige, puede sorprender. Pero más adelante parece definirse:

“Quizá debamos hablar de impuestos ecológicos que sustituyan buena parte de los impuestos sobre las ventas, las personas o las sociedades.” (566)

La pulsión liberal antitax de Rosell se manifiesta aquí, pero no queda claro quién demonios debería pagar estos impuestos si no son ni las personas ni las sociedades. ¿La naturaleza solamente?

Para concluir, Rosell pone como solución intermedia la que califica de más racional: asegurar el riesgo (567). No dice con qué compañía porque, para que eso fuera viable, debería estar fuera de la economía mundial. Tal vez en el hiperespacio sideral, donde el economista J. Peter Vajk decía que se expandiría la humanidad, dando por supuesto que tendría toda la energía necesaria para ello (568) y que sólo falta que se nos ocurra cómo hacerlo.



Cristine Lagarde, presidente del FMI

Lo saben, lo saben

Luego por favor no lo dude. Ellos, ahora más que nunca, lo saben bien. El FMI no empleará (probablemente) la dinámica de sistemas, como parece razonable suponer dado su historial de predicciones fallidas. Pero el problema energético parece conocerlo en toda su magnitud. Cristine Lagarde, su presidenta, advirtió, en el marco de la cumbre empresarial de Davos de 2013, que:

"La creciente vulnerabilidad frente a la escasez de recursos y el cambio climático tiene el potencial de causar una ***disrupción social y económica mayor***." (569). [énfasis añadido]

Ya en 2011 el famoso Foro Económico Mundial de Davos, el de la montaña mágica, advertía en su informe Global Risks que:

"El mundo no está en condiciones de afrontar nuevos impactos mayores… Sin embargo, como demuestra este informe, nos enfrentamos a riesgos globales cada vez más grandes, a la perspectiva de ***un contagio rápido a través de sistemas cada vez más conectados y la amenaza de impactos desastrosos***." (570) [énfasis añadido]

Y el reciente World Energy Outlook de noviembre de 2014, que elabora la Agencia Internacional de la Energía, nos advierte de que:

"El sistema energético mundial corre el peligro de no colmar las esperanzas y expectativas puestas en él." (541)

Hasta el editor de Financial Times tiene claro que, más que una revolución industrial, hemos tenido una *revolución energética* que cumple el mismo papel que los esclavos de

la (no tan lejana) antigüedad (742). Martin Wolf, desde esas alturas financieras, se muestra también perfectamente consciente de la existencia de límites energéticos próximos (743).

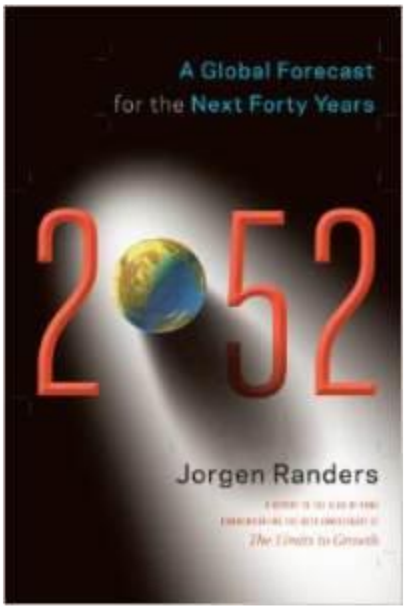
Con más o menos eufemismos ellos, el poder real, demuestran saber lo que está ocurriendo, lo que va a ocurrir.

¿Podría no ser tan grave?

Querido lector, no cuente con que el colapso no se va a producir: su llegada es inexorable, es una certeza matemática, y solo tenemos a disposición, como mucho, la posibilidad incierta de gestionar el declive. Pero a nivel de detalle, si bien todos los parámetros econométricos parecen hasta ahora validar las curvas de World3 en su fase de crecimiento, siempre podemos tener la esperanza de que sigan creciendo hasta algo más adelante, o mucho más adelante, o de que la caída no sea tan brusca como se prevé. Pero cuidado que, como sabemos, ciertos intentos por retrasar lo inevitable pueden dejar un panorama residual mucho peor todavía.

Pero siempre hay quienes no lo ven tan negro.

Uno de los autores de LLDC en 1972 y sus sucesivas revisiones, el noruego Jørgen Randers, presidente que lo fue de la Escuela de Administración de Empresas de Noruega, publicó en 2012 una actualización bajo el título *2052: A Global Forecast for the Next Forty Years*[6]. Nos advierte en la introducción de que más que resultados de un modelo, lo que pronostica es una *educated guess*, o sea, algo así como un juicio experto o una adivinanza ilustrada.



Jorgen Randers

Para Randers el declive ya se ha iniciado, estamos ya en la pendiente de descenso, y vamos gestionándolo sin ser demasiado conscientes de ello. Randers huye de la visión de colapso apocalíptico cercano y global y pronostica un descenso continuo en la primera mitad de siglo, con conflictos crecientes en distintas partes del mundo, colapsos

parciales, recomposiciones y vueltas a caer mientras la miseria se va generalizando pero las élites siguen enriqueciéndose (212). Ha incluido, ahora explícitamente, la TRE en World3 y suavizado algunas hipótesis, con el resultado de que el colapso fatal se sitúa alrededor de 2050. Con todo, para Randers, a diferencia del World3 original, hasta ese momento:

"Es el mundo actual globalizado en dinero y comercio es más probable que el declive tome la forma de una reducción de la capacidad de compra, no de una mortalidad aumentada… lo que se extralimita y colapsa es el bienestar, no la población o el PIB." (571)

Es lo que él denomina 'overshoot and decline' por contraposición al 'overshoot and collapse', un proceso de carencia creciente de la humanidad tras un período de relativa 'gloria' – según su expresión – comenzando, eso sí, por los países más ricos.

Porque para Randers el colapso auténtico, el definitivo, es climático, y se produce en la segunda mitad del siglo XXI de forma autorreforzada (572, 573). Es el cambio climático desbocado (runaway). Se refiere, entiendo, al momento en que la propia Tierra se convierte en emisora neta de CO_2 y metano. Si el colapso, ni climático ni de mortandad masiva, no llega antes, es porque considera que el efecto de fertilización del CO_2 añadido permitirá una producción agrícola elevada a corto plazo. Pero esta suposición no está en línea con la perspectiva de los biólogos, para quienes se requieren muchas más condiciones que sólo más CO_2 para que la fertilización atmosférica de las plantas se lleve a cabo adecuadamente (574) – aunque, según parece por los últimos estudios, la absorción de CO_2 por parte de la biosfera resulta ser algo mayor que lo estimado hasta ahora (575). De confirmarse sería de las pocas veces que el avance de la investigación en las ciencias del clima nos da 'buenas' noticias, pero todavía son indiciarias y requieren asentamiento.

Por su parte Dolores García, una investigadora independiente de origen español que vive en Gran Bretaña, empleó en 2009 un modelo con algunas de las ecuaciones de World3, nuevos lazos de realimentación, el conocimiento climático hasta el momento y el cénit del petróleo. Su modelo, al que denomina New World Model presenta, bajo el actual escenario *business as usual*, el mismo colapso que World3, pero algo más gradual y empezando algo más tarde, alrededor de 2030. Para ella, el empleo creciente de carbón y combustibles no convencionales, cuyas emisiones de CO_2 son mucho mayores que las del gas o el petróleo, compensa las ahorradas por la menor disponibilidad de petróleo. La concentración atmosférica debida a las emisiones antrópicas alcanzaría las 510 ppmv[7] (576), desde luego suficiente para activar los peores escenarios.

Tiene guasa que estos panoramas sean los optimistas. Pero querido lector, no le voy a engañar: esto es lo que hay, o por lo menos lo que yo veo. Siempre existe la posibilidad de estar todos equivocados; esperemos que así sea.

Pero yo de usted no contaría demasiado con ello. Estas versiones *light* también tienen sus detractores (577). Tenga en cuenta que todo lo que usted lea u oiga acerca de soluciones milagrosas, nuevos mares de petróleo súbitamente accesibles, empuje a las energías renovables, nuevas minas de tierras raras, proyecciones hasta 2100 de no-sé-qué, etc., o no tienen en cuenta la TRE, o no tienen en cuenta el cénit del petróleo, o no

tienen en cuenta la realimentación entre energía y economía o alguna condición de contorno favorable ha sido dada por supuesta sin demostración de forma consciente, o no. O todo a la vez. No cambiará nada de lo fundamental, entre otras cosas porque la curva de Hubbert incluye a los descubrimientos todavía no hallados, que son muy pocos ya.

Extracción previa

Entretanto podría estar cumpliéndose la dinámica que encontró Peter Turchin en las sociedades del pasado: las fases finales de derrumbe se caracterizan por una sobreproducción por parte de las élites, que prosperan durante cierto tiempo mientras extraen impuestos del pueblo llano (578, y también 540). Ya Zigmunt Bauman nos recordaba que *los mercados* prosperan mejor cuando se dan condiciones de inseguridad (579). Por su parte las clases medias arguyen ahora que cargarse las exclases medias es un error, pero no se quisieron acordar de las clases más bajas cuando estaban en medio.

El flujo de extracción sería hoy en día el siguiente. Las empresas energéticas requieren recursos crecientes para compensar la disminución de la TRE, recursos que obtienen del sistema financiero. Éste, herido por la actividad económica decreciente resultado a su vez de la menor disponibilidad de energía neta, necesita ser rescatado. ¿Con qué se rescata a los bancos en quiebra? Tasando a los ciudadanos y reduciendo los servicios del estado. ¿Le suena? El dinero de los ciudadanos *commoner* se estaría dedicando – vía sistema financiero – cada vez más a la extracción de energía, con el fin de que las empresas energéticas (y otras) puedan seguir operando. O sea repartiendo beneficio. Todo ello suponiendo que, o además de que, las empresas energéticas no vayan a tener la necesidad de ser rescatadas directamente con fondos públicos. Si esto ocurriera constituiría una potente señal de lo que realmente está ocurriendo, y sería mucho más difícil de ocultar al público como hasta ahora.

¿Podría ser peor?



Sí. Las cosas pueden ser incluso peores que lo anunciado por LLDC. Todos estos modelos han considerado una evolución de la disponibilidad de recursos minerales en función del tiempo basada en las ecuaciones del modelo de agotamiento geológico que Marion King Hubbert estableció en 1956, en forma de campana bien simétrica (580). Dicho modelo ha sido recientemente validado en distintas situaciones concretas, incluyendo el aceite de ballena en el siglo XIX (581) y la sobrepesca en el XXI (582).

Pero atención. Esto es una idealización, que sabemos que se cumple en la zona izquierda de la curva agregada de todos los yacimientos, pues coincide a nivel global con la realidad observada. Pero el modelo no contempla que, una vez alcanzado el cénit, se haga lo posible por mantener ese nivel a base de intervenciones económicas y tecnológicas cada vez más imponentes, que es donde estamos ahora.

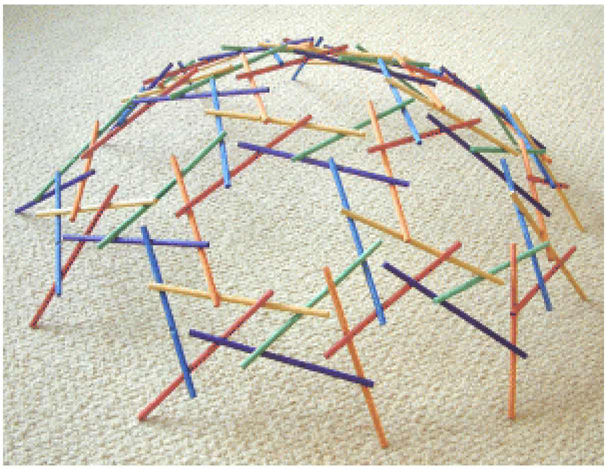
Lo cierto es que, como todo tiene su límite, se haga lo que se haga llega un momento, al parecer próximo, en que estas intervenciones resultan insuficientes para mantener el flujo de energía deseado. A partir de ese punto, el descenso sería entonces drástico (583, 584), ahora si catastrófico sin paliativos. A esta situación Ugo Bardi la ha bautizado como "efecto Séneca" (573) en recuerdo de quien, en una de sus *Cartas a Lucilio*, titulaba "Hay que someterse a la ley del mundo", y escribía:

"Supondría cierto consuelo para nuestra debilidad, y la de nuestros trabajos, si todas las cosas perecieran tan lentamente como se crean. Pero ocurre que los aumentos se producen de forma indolente, mientras el camino a la ruina es veloz." (585)

Si, debido a este efecto, en un momento dado la energía disponible para el funcionamiento del sistema socioeconómico descendiera de forma brusca, es razonable esperar que desciendan también velozmente las variables de estado del sistema: contaminación, emisiones, pero también producción industrial, población…

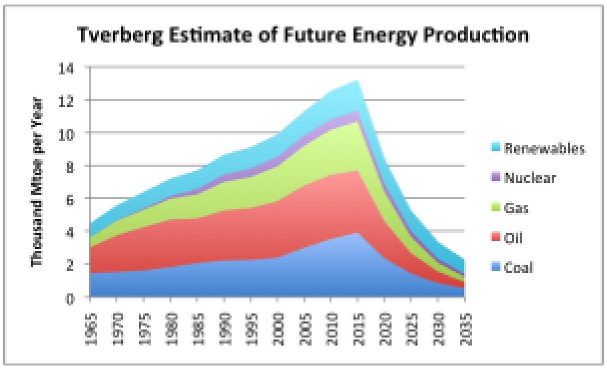
El colapso podría ser, o llegar a ser, *catabólico*. El analista John Michael Greer ha elaborado un modelo que examina el colapso de las civilizaciones colocando una lupa sobre ese proceso concreto. Según Greer el principio del fin definitivo llega en el momento en que deja de haber capital para compensar la amortización del capital. En otras palabras, no cuando no se puede producir más, sino cuando ya no es posible siquiera mantener las máquinas, los artefactos, la infraestructura (586). No queda muy lejos de lo anunciado por LLDC en 2004:

"Finalmente, alrededor de 2020, la inversión en capital industrial ya no contrarresta la amortización [física]." (511)



La economía es una red (Imagen: Gail Tverberg)

Gail Tverberg es una economista actuarial, ex-editora del blog The Oil Drum[8] y que cuenta ahora con su propio blog *Our Finite Planet*. Tuve ocasión de conocerla y entrevistarla; lo publiqué aquí hace ya un tiempo. Persona muy respetada en estos ambientes, nos ha recordado la ley del mínimo de Liebig (587). Justus Liebig era un ingeniero agrónomo del siglo XIX que señaló la obviedad de que el crecimiento no es controlado por el monto total de recursos disponibles, sino por la disponibilidad del recurso sistémico más escaso. En nuestro caso es el petróleo (566). La sustitutabilidad, tan cara a la economía neoclásica, siquiera parcial, es un espejismo por lo menos en el terreno energético. La economía es un sistema en forma de red, y estos sistemas fallan cuando cede el eslabón principal, el energético, generando así un fallo en cascada que se propaga rápidamente a través del sistema (588,589). Ilustra esta fragilidad con la imagen adjunta, que tomo de su blog.



Estimación de la evolución de la producción energética según Gail Tverberg (590)

Gail Tverberg, junto a Carlos de Castro, líder del grupo de dinámica de sistemas de la Universidad de Valladolid, son los estudiosos de estos fenómenos más *catastrofistas* en su expresión pública, pero siempre con fundamento. En absoluto son unos charlatanes. Sus consideraciones, más pesimistas todavía que los de los pikoleros[9] estándar se basan, en el caso de Tverberg, en que estos modelos no tienen en cuenta la deuda, que es lo que al cabo provocará una reducción brusca de la disponibilidad de energía. Para ella el concepto clave es *affordability*, o asequibilidad del combustible. Sostiene que el límite primero es el financiero (590), y que éste es tan inminente como para llevar a la evolución del consumo de energía a la evolución que se muestra en la más terrible gráfica – de su cosecha – que yo nunca haya visto o publicado[10].

¿Lograremos evitarlo?

No, pero algo habrá que hacer. Uno de los autores originales de LLDC, Jørgen Randers, sugiere dedicarse a evitar la *insostenibilidad* a nivel local, identificando y eliminando sus causas una a una (591). Otro, Dennis Meadows, en una conferencia impartida hace poco en Rumanía que puede ver aquí, lo tiene más claro. En los años 70 alcanzar la sostenibilidad (entonces le llamaban *equilibrio*) era posible si se actuaba con prontitud. Ya no. A pesar de todas las advertencias nos hemos extralimitado, y mucho: con lo cual el colapso, y rápido, es inevitable. El desarrollo sostenible es ya una imposibilidad física, matemática. Todo lo que recomienda Meadows es centrarse ahora en el *survival development* [11] (462). Recientemente se mostró más fatalista todavía: ‘No hay nada que podamos hacer’ (592).

Por su parte Carlos de Castro, doctor en ciencias físicas y líder del Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid, teórico además de los límites de la energía renovable, también lo tiene claro:

"¿Lograremos evitar el colapso ecológico-social? La respuesta simple y directa a la pregunta es No." (593)

Esta fue, efectivamente, la conclusión inescapable a la que llegaron los atónitos asistentes al congreso de Barbastro del pasado mes de octubre, entre los que yo me encontraba.

A pesar de todo, en lo que sigue intentaremos desbrozar algunos caminos.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

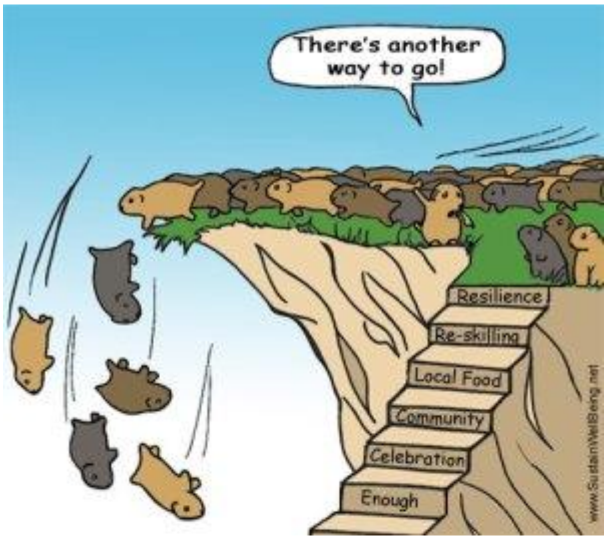
Notas al pie

[1] Pero el hombre es parte de la naturaleza, y su guerra contra la naturaleza es inevitablemente una guerra contra sí mismo
[2] Confederación Española de Organizaciones Empresariales
[3] Association of Peak Oil
[4] Institutos de creación de opinión
[5] Un día de estos buscaré los datos por mi mismo
[6] 2052: un pronóstico para los próximos 40 años
[7] Partes por millón, en volumen
[8] Fue en este portal donde se comenzó a hablar de todas estas cosas antes de que fueran trasladándose a la literatura académica
[9] Término que parece imponerse para designar a las personas conocedoras del fenómeno del cénit de los combustibles fósiles y de sus consecuencias
[10] Hasta ahora lo más espeluznante que había visto es esta imagen de un mundo 4 ºC más caliente.
[11] Desarrollo de la supervivencia

11: ¿Cómo y cuándo se manifestarían los límites?

08/01/2015 por Ferran P. Vilar

"El colapso llegará de forma muy repentina, sorprendiendo a todos"[1] (LLDC, 2004)



Índice de la serie y enlaces

Es terrible encontrarse con estas gafas puestas, un poco sin pretenderlo, y comenzar a advertir indicios de colapso por todas partes.

En este sentido vale la pena conocer la que podría haber sido la noticia más importante del pasado verano, que no ha tenido eco hasta ahora en los medios de comunicación generalistas, y que sólo he visto reflejado en el blog de Antonio Turiel (FB aparte). La *Energy Information Administration* de los Estados Unidos informó silenciosamente en su web que las 127 principales compañías productoras de petróleo y gas de los Estados Unidos se están quedando sin dinero (596).

Lo ha leído bien. En concreto, el déficit en el primer trimestre de 2014 fue de $110.000 millones de dólares (597). Llevan retrocediendo desde hace tres años, y sólo pueden presentar el beneficio que sus accionistas les reclaman a base de agotar sus reservas (de capital en este caso), vender activos aceleradamente y tirar de crédito para *el cash flow* (598). Su actividad regular, u objeto social, digamos, ya no genera beneficio. Los hay en quiebra total, como el principal actor del yacimiento de Bakken (no convencional), Continental Resources, cuya tesorería en el tercer trimestre de 2014 era de -1.100 millones de dólares y tenía unas deudas cercanas al 120% de sus activos. Esto era así cuando el precio del barril estaba a 93 dólares… (599)

TRE necesaria

Esto es profundamente sospechoso. ¿Será una señal de que la TRE comienza a ser inferior a 1? Porque recordemos que las empresas energéticas no asumen todos los costes, pues los subsidios públicos alcanzaron sólo en 2012 la nada despreciable cifra de 544.000 millones de dólares, según la Agencia Internacional de la Energía (600), que habría que deducir de los ingresos. ¿O por lo menos inferior a 10, factor que algunos autores consideran mínimo para que pueda funcionar una civilización organizada (601-603)?

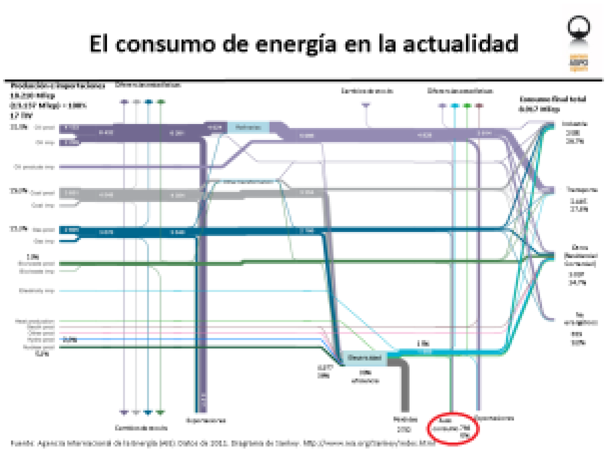


Diagrama espagueti del consumo de energía, a partir de AIE 2011. El autoconsumo mínimo es del 6%, pero no parece contemplar todos los factores – Pulsar para mejor resolución

Pedro Prieto, en Barbastro, mostró cómo podríamos estarnos moviendo ya alrededor de este valor a partir del gráfico adjunto. En él, el autoconsumo declarado para la generación eléctrica mundial es del 6% (lo que correspondería una TRE inferior a 17). Pedro añadió acertadamente que este valor no incluía todo el autoconsumo que tiene lugar, incidiendo en que hay también autoconsumo en otras industrias y en el transporte, y que deberían ser considerados. Por ejemplo, todo el gasto energético de los millones de personas que trabajan en esas industrias no suele contemplarse[2]. Ni las averías, ni el granizo, ni la limpieza, ni muchas cosas más (604). Como ve, es una cuestión de adónde ponemos el contorno del sistema, cuán largas las luces las pongamos.

Carlos de Castro, de Valladolid, estima que la TRE del petróleo es hoy inferior a 4 (605), aun cuando no se pronuncia sobre cuál sea la TRE mínima capaz de sostener una civilización y duda que tenga que ser superior a 10 (606). Con respecto a las energías alternativas los especialistas en esta cuestión, como Charles Hall y el propio Pedro Prieto, están comenzando a sospechar que su TRE es muy inferior a la estimada hasta ahora, y podría muy bien acabar siendo inferior a 1. Habrá que estar atentos a la evolución de este conocimiento, donde prefiero no pronunciarme categóricamente por ahora; tampoco en cuál pueda ser la TRE mínima necesaria para hacer qué. Creo que todavía no nos hacemos una imagen nítida de su significado; en el futuro preveo proponerle a usted la lectura de una nueva entrada dedicada exclusivamente a este aspecto crucial donde le presentaré el panorama actual del conocimiento en este terreno.

Burbujas rompedoras



Jeremy Grantham, el financiero que gestiona 100.000 M$ y pide a los científicos que se hagan arrestar (si es preciso)

Entretanto, las dos empresas eléctricas alemanas basadas en el carbón han perdido el 56% de su valor en los últimos cuatro años (607), y la familia Rockefeller desinvierte en combustibles fósiles los beneficios de varias generaciones (608). Jeremy Grantham, financiero estadounidense que gestiona activos por valor de más de cien mil millones de dólares (!), es una voz aislada que ya advertía en 2011 de que era 'tiempo de despertar' (609), y nos va recordando ahora que el famoso *fracking* no es más que una burbuja financiera próxima a estallar[3] (610). Graham implora a la comunidad científica, a través de Nature, que salga de su silencio 'siendo arrestada, si es preciso' (611).



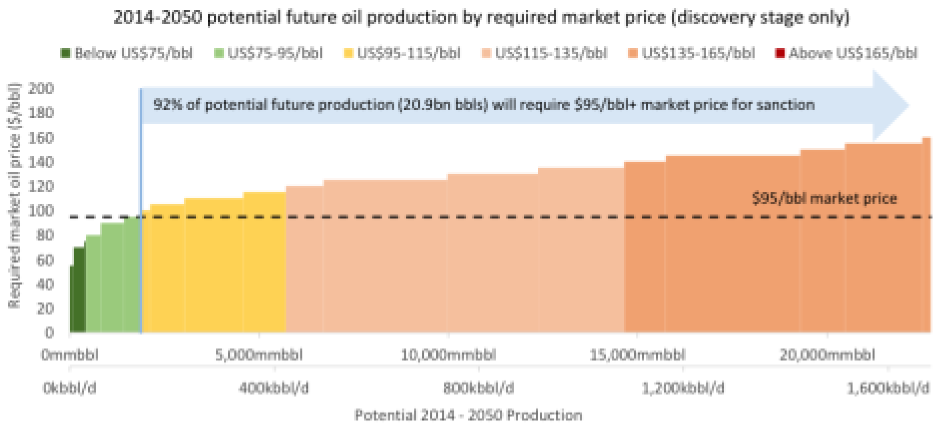
El pasado mes de septiembre Financial Times se hizo eco del Informe Ginebra, emitido por el *International Centre for Monetary and Banking Studies*[4], donde alertaba del enorme peligro que suponen los elevados niveles de deuda, y poco menos que anunciaba un nuevo *crash* a la vuelta de la esquina (612). El pasado día 19 de noviembre El Economista informaba de que las compañías petroleras habían sufrido una fuga de 24.000 millones de dólares ¡en tres semanas! (613). Los indicios se acumulan. En realidad, el colapso no es otra cosa que una sucesión interminable de recesiones, a cual peor (614), y de ahí la convicción y la insistencia de Antonio Turiel, quien viene insistiendo desde 2010 en que esta crisis no acabará nunca (vídeo reciente aquí).

Por su parte, el doctor en economía Juan Laborda anuncia en Radio Gramsci un 'colapso mundial inminente' en base únicamente a datos econométricos (615), y el primer ministro ruso, Medvédev, denuncia que "se están desmantelando los sistemas financieros y comerciales del mundo" (616). No sé el capitalismo, pero el sistema financiero actual, cuya única mercancía es el futuro y te lo cambia por dinero (interés), no puede funcionar si no percibe posibilidades de crecimiento por lo menos a largo plazo[5]. Y ellos ya saben que no las hay.

Dado que el inicio del colapso es, de hecho, una singularidad matemática (una *bifurcación*, en terminología de dinámica de sistemas) la teoría nos dice que *nunca* podremos predecir con precisión cuál pueda ser la trayectoria concreta del derrumbe, aunque si podamos saber cuáles ***no*** son posibles. También podemos conocer algunas de las características comunes a todas las posibles[6].

La *resiliencia* y flexibilidad que ha mostrado hasta ahora el capitalismo a su supervivencia tiene su contrapartida en la creciente fragilidad del sistema de aprovisionamiento mundial (sistemas *just-in-time*, ERP[7], etc.), que priman la eficacia sobre la suficiencia o la seguridad en el suministro frente a según qué peligros. Previsiblemente, su eventual ruptura y dificultad de recomposición sería el eslabón más visible que nos anunciaría el principio (del fin) (617). También puede ser una pandemia (618), la explosión de la burbuja de los combustibles no convencionales (*shale bubble)*, un magno acontecimiento climático en extremo disruptor o el resultado de una espiral inflacionista incorregible resultante de una penúltima fase previa, como es la impresión de billetes a lo bestia por parte de todo el mundo en respuesta a la deflación. Claro que hoy todo es más sofisticado y ya se han buscado una retórica digerible: la *facilitación cuantitativa*, a base de compras masivas de deuda con dinero nuevo por parte de los bancos centrales, lo que consigue de paso disminuir los tipos de interés artificialmente. Pero acaba conduciendo a lo mismo, sólo que con algún retardo y pasando antes por la deflación (619).

El matrimonio Ehrlich, el mismo que perdió inmerecidamente[8] la apuesta con Julian Simon (420), nos advierte como verosímiles en su *paper* de despedida la posibilidad de un envenenamiento masivo (en principio involuntario) (618,620) o de un desplazamiento del gasto en alimentación hacia la obtención de energía, un resultado de su modelo coincidente con LLDC (621). También puede ocurrir que, debido a la disminución de la demanda por contracción económica, el precio del petróleo descienda por debajo de los costes marginales de producción de muchas instalaciones y países, desestabilizando los presupuestos de muchos estados productores con poco colchón económico llevándolos a *default* (622-624). Esto limitaría su producción, proceso que llevaría a fuertes oscilaciones en el precio (que de hecho vienen produciéndose ya). En el cuadro que adjunto puede usted ver cuál es el precio mínimo del petróleo que cada país puede, hoy, soportar sin entrar en pérdidas. Por cierto que este *breakeven price*[9] del petróleo aumentó un 7% en 2013 en el conjunto de los países de la OPEP (625).



Potencial productivo del petróleo procedente de arenas bituminosas 2014-2050. El 95% de la producción exige un precio superior a $95 (Fuente: Carbon Tracker – Ref 633)

Este descenso del precio del petróleo al que estamos asistiendo a principios de 2015, y que parece alegrar a muchos, podría ser una maniobra política para desestabilizar a Rusia, Venezuela y otros países con todavía algunos combustibles fósiles extraíbles de su subsuelo. Pero también podría muy bien ser que esté ya disminuyendo la demanda,

como sostiene Gail Tverberg (626) y otros analistas más 'insiders' como señala el experto Arthur Berman entrevistado en Oilprice.com (627).

Pero no se alarme con todo esto. No es necesario esperar a desastre o accidente visible alguno. Basta con seguir haciendo hoy lo que estamos haciendo… y colapso garantizado más pronto que tarde. Hemos hecho todo lo necesario para ello (628), y seguimos haciéndolo, cada vez más deprisa, más deprisa. Mañana es casi hoy.

¿Cuándo?

¿Cuándo llegará? En vista de todo lo expuesto hasta aquí, dejo a la consideración del lector el juicio acerca de la posible inminencia del colapso previsible. Pero transcribo, ahora sí, la tercera de las reflexiones del propio Turner que dejé pendiente. Decía en 2012 que:

"Esto sugiere, desde una perspectiva racional de gestión del riesgo, que hemos desperdiciado las décadas pasadas, y que prepararse para un sistema global en colapso puede ser incluso más importante que intentar evitarlo." (629)

Y en agosto de 2014 Turner concluye:

"Desgraciadamente, la concordancia de la tendencia de los datos con la dinámica de LLDC indica que las fases tempranas del colapso pueden ocurrir antes de diez años, o que incluso pueden estar manifestándose ya." (630)

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] Donella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – Los Límites del crecimiento: 30 años después (595)
[2] Prieto aplicó este criterio amplio a las instalaciones de energía solar de España, lo que dio lugar a un libro, con Charles Hall como coautor, donde mostraba su baja tasa de retorno energética (631,632)
[3] Graham es de los pocos que ha comprendido la función de la termodinámica en el sistema económico, y ya alertó de la disminución de la *exergía* debido a la creciente dispersión de los minerales
[4] Centro Internacional de Estudios Monetarios y Bancarios
[5] Por eso los medios no informan de ello. Los anunciantes venden futuro, pues los grandes conglomerados mediáticos de hoy dependen de la banca en tanto que los poseen, o les deben la supervivencia en tanto que acreedores. Si no hay futuro no hay anunciantes, y si no hay anunciantes deja de haber medios de comunicación, o éstos se minimizan
[6] En un primer momento, el abanico de soluciones de las ecuaciones no lineales tiene una correlación elevada, que disminuye con el tiempo
[7] Enterprise Resource Planning
[8] Bueno, en los términos en que aceptó la apuesta si mereció perderla
[9] *Fiscal breakeven oil price* es el precio mínimo de Mercado del petróleo que está por encima de los costes de producción de un país que depende de estos ingresos para su consolidación fiscal.

12: ¿Y el cambio climático?

09/01/2015 por Ferran P. Vilar

"We are in a collision course with nature."[1] – Ángel Gurría, Secretario General de la OCDE, 2013


"I don't know why I don't care about the bottom of the ocean, but I don't."

No sé por qué no me importa el fondo del océano. Pero no me importa (The New Yorker)

Índice de la serie y enlaces

Mientras tanto el pasado verano al completo ha batido récords absolutos de temperatura a nivel global, y el año 2015 podría ser récord en sí mismo (634]. Se está viendo que la famosa 'pausa', mantra más reciente del negacionismo climático organizado, no es en absoluto tal cosa (635). Se ha visto además que el planeta se está calentando mucho más deprisa de lo que se pensaba, pues los mares del hemisferio sur, donde las mediciones eran poco precisas, resulta que están acumulando nada menos que el doble de calor que el estimado hasta ahora (636, 637).

Para que tenga una idea de la cantidad de calor que los océanos del planeta van acumulando, tome nota de la siguiente analogía: el efecto invernadero en exceso provoca una acumulación de calor equivalente a más de dos bombas 'little boy' por segundo. Dos bombas atómicas Little Boy cada segundo. Acumulan el calor que desprenden dos bombas atómicas como la de Hiroshima cada segundo (638). En conjunto, el planeta Tierra ha acumulado desde 1998 el calor equivalente al que desprenderían 2.000 millones de detonaciones atómicas (639). La pausa. El hiato, le llaman.

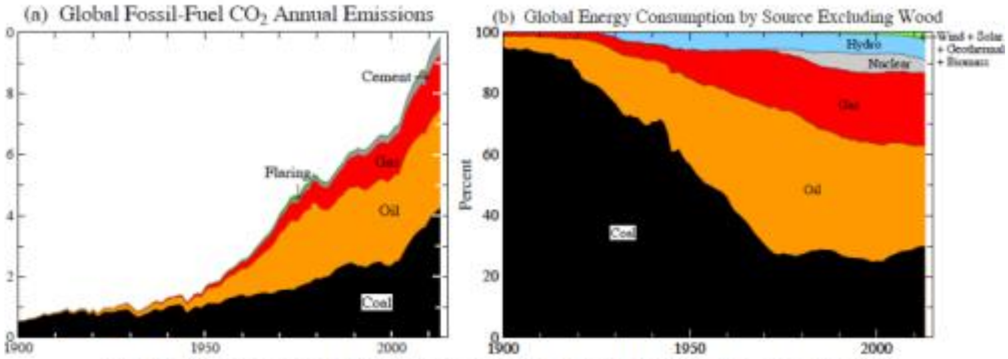


Fig. 1. (a) Global fossil fuel CO_2 emissions, and (b) global energy consumption by source.

(a) Emisiones de CO2 debidas a los distintos combustibles fósiles; (b) Consumo de energía primaria según fuente (Fuente: James Hansen, ref 653)

¿Cómo afecta el cénit de la energía a las previsiones sobre cambio climático?

La cuestión de si el cénit del petróleo mitigará el forzamiento climático o incluso resolverá el problema sólo ahora comienza a ser objeto de estudio, y todavía alberga muchas dudas. Algo parece claramente descartado: los escenarios de emisiones más tenebrosos del IV informe[2] del IPCC[3] no parecen verosímiles al principal analista de esta cuestión, de nuevo el sueco Mikael Höök, de la Universidad de Uppsala y secretario de ASPO[4] Internacional (640,641). Tampoco a quien esto escribe – con la salvedad de la nota al pie. Por lo demás, siguen pudiendo darse dos situaciones: una, muy mala; la otra, espeluznante (la verdad es que se me agotan los adjetivos).

La muy mala, horrible, es que la brusca disminución de la energía neta a disposición comporte una reducción drástica y rápida de la población, tal vez a corto plazo. El efecto Séneca en acción. La reducción de emisiones estimada necesaria (la de verdad, no la de los cuentos de hadas del IPCC y la UNFCCC[5]) para atenuar los peores efectos del cambio climático, que sabemos que debe ser superior al 6% anual durante 50 años (¡empezando en 2013!), tendría posibilidades de realizarse. Pero sería a costa de la vida de los presentes. Esta situación es considerada la más verosímil por Gail Tverberg, para quien son las leyes de la física, y no los humanos, quienes están a cargo del clima (642). También (precisamente) por Graham Turner, para quien la evolución de la curva de contaminación de LLDC mostraría que el problema se resuelve solo, aunque desde luego de ninguna forma ideal (643).

Por el contrario, el grupo de dinámica de sistemas de la Universidad de Valladolid ha analizado (claro) el efecto combinado del cambio climático y el problema ecológico-energético, aunque no lo haya publicado formalmente. Según Carlos de Castro:

“Si al problema energético se le añaden realimentaciones con el *caos climático*[6], incluso siendo muy optimistas con una transición renovable rápida y sin tener en cuenta otros problemas y sobrepasamientos, los modelos tienden a dar resultados de colapso.” (644) [énfasis añadido]

Esto significaría que, incluso a pesar del cénit del petróleo y de los demás combustibles fósiles, se acaba produciendo un sobrecalentamiento planetario inaudito.

La posibilidad espeluznante, la pésima, es que, encima, dejemos una Tierra completamente devastada a quienes serían una nueva especie que, tras larga y dura transición, resurgirán de nuestras cenizas no se sabe cuándo, pero desde luego lejos de hoy. Gentes que, frente a su memoria histórica, está por ver que quieran seguir llamándose, como nosotros, humanos.

Para ello bastaría con que, en nuestro intento de supervivencia consecutivo a la explosión de las grandes ciudades, empleáramos la biomasa (la leña de siempre) hasta el punto de llegar a agotarla prácticamente toda (645). Esto no llegó a ocurrir en el pasado a nivel global a pesar de nuestra inconsciencia, pues no teníamos tantos artefactos que bioalimentar y además la población era varias veces menor que la actual – si bien distintas civilizaciones, como los Mayas o los habitantes de Easter Island, acabaron colapsando o extinguiéndose debido precisamente a este fenómeno (646). Alguien cortó el último árbol, y la lluvia cesó[7]. Cuidado que en Grecia se acaban de cargar el olivo de Platón, que tenía unos 2.500 años de vida…[8]

Y como parece que el carbón va a ser lo último en mostrarse escaso, podríamos seguir extrayéndolo mientras quede un julio de energía neta al alcance. El carbón es el combustible fósil con mayores emisiones de CO_2 por unidad de energía producida, pero con el menor ritmo de descenso de la TRE mientras queden minas a cielo abierto. Por su parte, los combustibles fósiles no convencionales generan emisiones comparables a las del carbón, y además la disminución de la TRE es la más rápida. Ambos efectos producirían unas emisiones combinadas suficientes como para, ahora sí, resituarnos en los peores escenarios del IPCC (5º informe), o superiores, en términos de forzamiento climático. Es lo que presenta el modelo de Dolores García ya mencionado (576). La respuesta térmica a estos escenarios, por lo demás, es mucho peor, según sospechamos, que la prevista en los informes.



Anuncio a doble página de Humble Oil (ahora ExxonMobil), publicado en Life Magazine en 1962. Se ufana de que, cada día, la petrolera suministra energía suficiente como para fundir 7 millones de toneladas de hielo

Fusiones freáticas irreversibles

Hace poco hemos sabido que hay que dar por cierto que al menos una parte de la Antártida se va a fundir de forma irreversible (647) en tal medida que, junto a una Groenlandia que se está fundiendo a una velocidad mucho mayor de lo que se creía hasta hace pocos meses (648), niveles del mar superiores en 12 m al actual no sean inverosímiles a medio plazo (649), y 75 m a largo. Esta temida alteración *sustantiva* del entorno está ya en marcha, y parece imparable.

Pero los problemas no vienen solo del cielo. Bajo tierra, las aguas freáticas se están agotando a un ritmo envenenado. Con el título *The Global Groundwater Crisis*[9], un equipo de la NASA anunció en Nature el pasado otoño que el agotamiento de esta *fuente* es mucho mayor de lo que se creía, y que pone en serio peligro el suministro de agua potable mucho antes de lo estimado (650).

Ocurre un poco en todas partes, pero especialmente en África. Una de las causas de este agotamiento freático en el Sur tiene su origen en la adoración de los japoneses por el sushi. Comoquiera que ya no hay bastante en sus mares, van a pescarlo a las costas de África. Ello empobrece de proteínas a la población local, que se alimentaba de la pesca que se ha licenciado ahora a los japoneses. Para compensar las restricciones al pescado los lugareños se han pasado a la ganadería, cabras y vacas, que consumen el agua freática a mucha mayor velocidad que los humanos (651).

¿Para qué quiero el molesto pensamiento sistémico?: '*Aprés nous, le déluge*', deben pensar los sibaritas de Yokohama.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] Estamos en una trayectoria de colisión con la naturaleza – Angel Gurría, Secretario General de la OCDE, octubre 2013 (652)
[2] Nótese que digo IV informe. No V, el último, donde el forzamiento climático se desmarca de escenarios socioeconómicos para convertirse en meramente físicos (en W/m^2) – si bien la influencia de fondo de los economistas estándar sigue resultando visible
[3] Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
[4] Association of Peak Oil
[5] United Nations Convention on Climate Change: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
[6] Carlos de Castro propone llamarle así a partir de ahora
[7] Sin duda habría cesado bastante antes
[8] De nuevo gracias a Marga Mediavilla por esta información inquietante
[9] La crisis global de las aguas subterráneas

13: ¿Qué podemos hacer? 13:1 Pensamiento sistémico crítico

10/01/2015 por Ferran P. Vilar

"If forms of denial structure the interpretation of a problem, they will also frame thinking about the solution to it[1]*."* – Clive Hamilton



Jurgen Habermas

Índice de la serie y enlaces

Ciencia y sus hermanos pequeños los modelos no permiten sólo describir el mundo, sino también examinar las posibilidades de intervenir en él. Según el filósofo alemán Jürgen Habermas se trata de descubrir (en el sentido de levantar la cubierta o el velo) las condiciones estructurales que enmarcan las acciones de los individuos, y ayudarles a trascenderlas (654). He insistido hasta aquí en que sólo es posible darse cuenta de estas estructuras condicionantes examinando el sistema *desde afuera*, cosa bastante heroica pero que la metodología de sistemas favorece en gran medida. Con todo, los doctores en biología Humberto Maturana y Francisco Valera ya teorizaron en 1980 que la cognición es un sistema *organizativamente cerrado*, con lo que la objetividad resulta necesariamente constreñida (655). En estas circunstancias es pues preciso prestar atención al *sistema de observación* (656).

Pensamiento sistémico al rescate

Un aspecto muy interesante a este respecto es el *critical systems thinking* (CST), o pensamiento sistémico crítico. No sé de nadie que lo haya establecido como mecanismo de mejora y de avance intelectual de manera solvente[2] y me haya convencido demasiado, salvo el trabajo incipiente del suizo Werner Ulrich, que comenzó en 1998 con su obra '*Systems Thinking as if People Mattered'* (657) – parafraseando el mismo título '*Economics as if People Mattered'*, de E. F. Schumacher (351) en 1973. También son destacables las aportaciones de R.L. Flood y más recientemente las de Mike C. Jackson, ambos de la Universidad de Hull. Flood es el teórico de la *Liberating Systems Theory: Toward critical systems theory*[3] (290), y ya se puede usted imaginar que titular un *paper* con este atrevimiento no debió de salirle gratis. Tampoco a nosotros, porque no he visto o no he sabido encontrar en primera instancia continuación suficientemente densa de esa línea de trabajo en la literatura académica (658). Profundizaré en ello en lo sucesivo para ver hasta qué punto se le ha permitido evolucionar más allá de estos intentos, y en qué punto se encontraría ahora la teoría CST a disposición.

Básicamente, esto del *critical systems thinking* tiene que ver con dos cuestiones. Una son los conflictos de poder. Se trata de emplear la teoría general de sistemas para ayudar a la parte débil (por ejemplo) en aquellas situaciones en las que los participantes en un conflicto pueden ser vistos como ejerciendo coacción uno sobre otro, motivo por el cual se le denomina pensamiento sistémico *emancipatorio* (659), cosa que es posible conseguir mediante procesos participativos. Digo la débil, pues es la parte que estoy seguro que no la emplea.

El segundo aspecto del CST tiene que ver con la elección del contorno, que sabemos crítico para un análisis correcto de los problemas. Ulrich lo ha bautizado como *critical employment of boundary judgments*, o más abreviadamente crítica metódica del contorno (660). Para él esa debería ser una competencia necesaria para definir la profesionalidad de cualquier persona, que debería acreditar antes de ocupar, por ejemplo, cualquier cargo público (661). Pero además sostiene que esta metodología, si fuera recordada frecuentemente al conjunto de la población, tiene el potencial de generar una mejor ciudadanía democrática y un mejor profesionalismo privado (662).

Y es que el cuestionamiento permanente del contorno a considerar en la reflexión sobre un problema es una herramienta verdaderamente potente. Obliga a una mirada genérica, y cada vez más genérica, y a cuestionarse en todo momento si estamos percibiendo toda

la amplitud del fenómeno de interés. Entre otras virtudes permite no quedarse sólo con el mensaje sino examinar quién lo emite, por qué lo emite y por qué en este momento, qué condicionamientos tiene el emisor… sí, sí. Para muchos, eso sería ver demasiado.

Alexander László integró en 1998 el trabajo de Ulrich, Flood y Jackson con la filosofía de Habermas y de Michel Foucault, dando lugar a una interesante *metametodología* denominada *Total Systems Intervention* que aplica distintas perspectivas sistémicas a la resolución de problemas (290). Para ello el pensamiento sistémico crítico perseguiría cinco áreas de compromiso, a saber: 1) Conciencia crítica; 2) Conciencia social; 3) Complementariedad a nivel metodológico; 4) Complementariedad a nivel teórico; y 5) Emancipación humana (663).

Decíamos que es importante saber analizar dónde es mejor colocar los controladores, pero la cuestión de si deseamos intervenir en términos de controlar un sistema existente para, por ejemplo, alterar su propósito, deberemos basarlo en alguno de los puntos de apalancamiento (*leverage points*) de Meadows que hemos visto más arriba. A este respecto he encontrado algo que me resulta especialmente sugerente, y que le describo a continuación. De paso veremos otra forma crítica, algo subversiva, de examinar las cosas. Será cuando muestre qué cosa son las *causas* (sólo) *aparentes*.

Dinámicas contramovilizadoras

Vamos a suponer, ni que sea como ejercicio mental, que estamos a tiempo de algo. Esto me permite mostrarle el trabajo de Jack Harich, un *maverik* estadounidense que ha empleado modelos de dinámica de sistemas para ir al núcleo de la cuestión. Bueno, al núcleo de la cuestión social (él la llama 'the crux') porque el asunto energético – aunque no el climático – está ausente de sus reflexiones. Por lo menos de forma explícita, aun cuando se refiere al 'fracaso' de LLDC en su pretensión de activar la movilización social o gubernamental. De ahí la suposición de partida que le pido.

Harich sostiene, y demuestra en un *paper* de 37 páginas en un número de la *System Dynamics Review* de 2010, que las fuerzas del cambio social estimado necesario no han prevalecido por distintas razones. Siendo la más importante, con mucho, la presencia del negacionismo en particular y del engaño en general. Lo justifica mediante la dinámica de sistemas y además sugiere una forma para cambiar este estado de cosas, de la que podríamos aprender. A mí me ha parecido extraordinario, ya se puede usted, si es lector asiduo, imaginar por qué. Dato: Harich no es un académico, aunque lo parece y mucho. Es un ingeniero de sistemas que va por libre, y probablemente sea ésta la causa de que haya realizado tan ímprobo trabajo y reflexión: dudo mucho que ninguna línea de investigación oficial hubiera financiado tal cosa, con los resultados que veremos.

Ya estaba usted advertido de que acabaríamos en terreno subversivo.

La pretensión de Harich, a la vista del panorama, es *alterar el status quo*. A muchos de mis lectores les atraerá esta idea, y más después de conocer los argumentos hasta aquí expuestos, pues hemos aprendido que el status quo es una realidad insostenible incluso a plazo inmediato o corto. Establezcamos pues esto como objetivo primero y ya veremos cómo podemos ir avanzando. Para realizar el análisis y examinar qué posibilidades hay de alterarlo, Harich define en primer lugar el modelo simplificado de la figura, y otro renovado que veremos después.

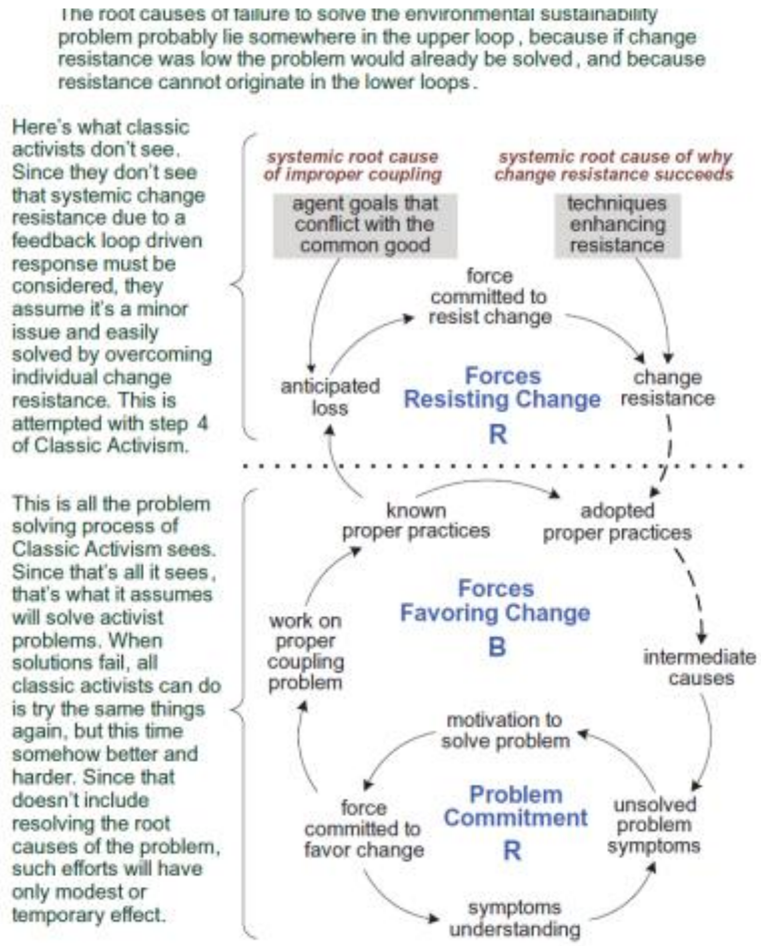


Fig. 2. Causal loop diagram of the process of Classic Activism. Solid arrow is a direct relationship; dashed arrow is an inverse relationship

Lo primero que hace Harich es preguntarse por qué, tras tantas décadas de información sobre los problemas que nos aquejan, por ejemplo los de sostenibilidad, de campañas y de luchas a veces heroicas – nuestro intento de acoplar controladores, en suma – no se ha movido nada o prácticamente nada, o nada fundamental, y estamos como sabemos que estamos. Reconoce que la población si sabe qué comportamientos contribuyen a la insostenibilidad, y que mucha gente hace el intento o el esfuerzo de evitarlos. Pero, tras tanto tiempo, son muy pocos y no marcan diferencia alguna. Harich sostiene que el motivo se encuentra en el hecho de que se pone el foco en los comportamientos individuales, mientras que el problema es, en realidad, *sistémico*. Harich irá al núcleo, *crux* de la cuestión le llama, pero pasará antes por las *causas intermedias*. Los síntomas empezaron con la revolución industrial, cuyo inicio sitúa 200 años atrás.

Vamos relacionando conceptos. Recordemos la importancia del contorno. Ahora nos encontraremos con la importancia de la '*abstracción perdida*', que es lo que hay que averiguar cuando un problema de dinámica de sistemas se nos resiste.

El status quo no es otra cosa que la resultante de un equilibrio[4] entre las fuerzas que promueven el cambio y las fuerzas que se resisten a él. En términos de dinámica de sistemas, si están en equilibrio será porque el sistema tiene un lazo que se activa en sentido contrario como respuesta a otro lazo activador. Harich se apoya en algunos de los expertos que ya conocemos, como Peter Senge y John Sterman del MIT, y señala a Lewin y otros, quienes han señalado repetidamente que esta abstracción perdida, no considerada, es la *resistencia al cambio*.

Igual no hacía falta ir tan lejos para acabar concluyendo esto, pero tiene sentido en el marco del análisis sistémico que le estoy describiendo.

Para Harich la insistencia, tanto de los movimientos sociales como de la comunidad científica, por aumentar la intensidad del lazo activador, ha ofuscado la presencia de un lazo reactivo, el de la *resistencia al cambio*, que parece surgir de ninguna parte, pero que impide avanzar. De hecho es un proceso sistémico *adaptativo*. En efecto, este concepto está ausente de World3 (era casi desconocido en la época). ¡Pero debe ser muy potente como para ejercer efecto tan acusado! De modo que habrá que incluirlo en el modelo.

Peter Senge muestra el carácter estructural del asunto y señala una nueva dificultad de percepción:

"En general, los lazos de compensación [los de realimentación negativa] son más difíciles de percibir que los lazos de autorrefuerzo [los de realimentación positiva], porque parece que no ocurra nada… [la resistencia al cambio] es una respuesta del sistema, que intenta mantener un *objetivo sistémico implícito*. Hasta que este objetivo no sea reconocido, los esfuerzos de cambio están condenados al fracaso." [énfasis en el original, corchetes añadidos] (664)

Esto de los objetivos implícitos también lo menciona LLDC, versión 2004:

"Si los objetivos implícitos de una sociedad consisten en explotar la naturaleza, enriquecer a las élites y hacer caso omiso de las perspectivas a largo plazo, entonces esa sociedad desarrollará tecnologías y mercados que destruyen el medio ambiente, ensanchan la distancia entre pobres y ricos y optimizan las ganancias a corto plazo. En pocas palabras, esa sociedad desarrollará tecnologías y mercados que aceleran el colapso en lugar de prevenirlo." (665)

Es lo que antes he descrito en ocasión de los modelos económicos ortodoxos, que provocan que el sistema funcione generando una presión cultural hacia el antropocentrismo radical, el individualismo metodológico, la competencia exacerbada y la cooperación reducida. Facilitando así este *objetivo implícito*, descrito de una forma desnuda por Donella Meadows.

En relación al objetivo implícito, Harich señala que:

"Esto aplica al problema de la sostenibilidad. Hasta que se encuentre y resuelva el '*objetivo sistémico implícito'* que provoca la resistencia al cambio, cualquier esfuerzo orientado únicamente a resolver la parte del problema relacionada con el 'acoplamiento adecuado' está 'condenado al fracaso', como sostiene Senge… Sistémico significa [aquí] *originado en el sistema*, de tal manera que afecta a la mayor parte o a todos los agentes sociales de determinado tipo, por contraposición a los originados en los agentes individuales." (666)

Como si fuera una propiedad emergente. Esto quiere decir que hay que hacer dos cosas: 1) separar el lazo de realimentación 'acoplamiento adecuado' del lazo 'resistencia al cambio', y analizarlos e intentar controlarlos por separado; y 2) identificar cuál es el 'objetivo implícito' del sistema bajo análisis. Y a una obviedad de partida, que justifica:

en un problema de bienes comunales, los activistas altruistas se sitúan en la ***zona de la verdad*** respecto a lo que va a beneficiar al bien común, mientras que los intereses especiales, *necesariamente*, no van a hacerlo (porque resultarían perjudicados, contra la hipótesis). Por tanto, los intereses especiales *dependen del engaño* para conseguir sus fines (667,668). [Es curioso tener que leer esta (nueva) obviedad en una revista académica de alto nivel a estas alturas, aunque se justifica por lo novedoso del marco de análisis]. Harich emplea en su modelo cualitativo distintos parámetros – que considera optimistas a favor del bien común – para concluir estimando que los activistas altruistas pierden por un mínimo de 1,7 a 1. El mecanismo concreto que conduce a la victoria de los resistentes al cambio consiste en agotar los menores, y menguantes, recursos de los altruistas, por ser éstos los primeros perjudicados.

Ocurre que, a medida que aparecen los síntomas, las fuerzas disponibles para la solución resultan erosionadas más deprisa que las que se resisten a ella. Esta es la dinámica del modelo resultante (coincidente con Peter Turchin), salvo en el caso de que la *eficacia* de la desinformación (*deception*) sea inferior al 3%. Y está claro que siempre habrá como mínimo un 3% de personas dispuestas a creer lo que les conviene en función de su propia cosmovisión.

Redefinir el activismo, y la política

El activismo clásico, el ecologismo por ejemplo, se ha estrellado repetidamente contra este muro. Y la razón no es otra que haberse orientado al individualismo, a promover comportamientos responsables de orden personal individual, sin atender debidamente a la importancia colectiva de las fuerzas reactivas. Se ha creído que la resistencia se encontraba a nivel individual, y no se ha tomado en consideración su componente sistémico. De ahí la cita que encabeza esta entrada: ninguno estamos del todo libres, desde la perspectiva sistémica, de la orientación individualista que promueven los modelos económicos, desbocada en las últimas décadas de neoliberalismo y que hemos examinado aquí. Tampoco los activistas del bien común.

Sigamos con la *crux*. Estos activistas deben abandonar, según Harich, esta tarea de Sísifo consistente en fortalecer los dos lazos inferiores de la figura, que no consiguen otra cosa que reforzar el lazo superior. ¿Qué hacer entonces? Hay que centrar la estrategia en debilitar el lazo superior. Mejor todavía si fuera posible orientarlo a nuestro favor.

¿Cuál es el instrumento de la reacción? El engaño, el negacionismo, junto al poder amplificador que otorga el control que ejerce sobre los canales de transmisión. Ya he descrito cómo es posible perturbar el flujo correcto de información sin que se note (demasiado) interviniendo en el lazo de realimentación. Él lo expresa así:

“El modelo muestra de qué forma quienes promueven sus objetivos mediante el engaño, el fraude y la falacia han encontrado una manera de hacer retroceder la historia. Han encontrado la forma de tomar el pelo a la mayoría de la gente (*fool most people*), condicionándola a actuar en favor de sus intereses, creando una especie de Edad de la Sinrazón cuyo final se está convirtiendo en un ecocidio masivo.” (669)

Pero no todo parece perdido. Jugando con su modelo encuentra una ventana de oportunidad en el caso de que se produzca *un llamamiento mundial a la movilización*.

¡Albricias! Pero cuidado, que la ventana está situada entre el año 70 y el 95 desde el inicio del proceso. Según esta aproximación, ya hemos llegado tarde.

Harich analiza las soluciones que se suelen plantear para abordar estas cuestiones, alguna de ellas presente en mesas de negociación de la política internacional. Refiere las 'cinco transiciones' de James G. Speth, que fue director del Consejo para la Calidad Ambiental de los Estados Unidos en tiempos del presidente Carter (años 80), y se encuentra ahora en el World Resources Institute. Speth las propuso en un celebrado *paper* publicado en la académica *Proceedings of the National Academy of Sciences* de 1992. Están basadas en las variables P: Población; A: PIB/habitante (affluence); T: Tecnología, correspondientes a la fórmula de impacto físico de la actividad humana I=PAT (670). Complementa estas variables con una necesaria reducción de la desigualdad y también con un cambio institucional profundo (671).

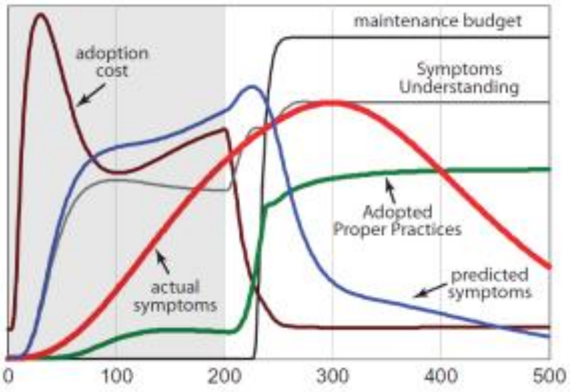
Pero todo ello no acaba de convencer a Harich. Abordar el problema atacando estas causas parece lo correcto, aunque muy difícil. Si fuera cierto que hay una causa común, una *causa raíz,* en realidad se estarían tratando únicamente los síntomas, sin resolver el problema de fondo. Harich plantea que todas estas manifestaciones no son más que *causas aparentes* de algún problema previo, causa primigenia.

Él busca pues la raíz del problema, la *crux*, con el fin de poderlo modelar adecuadamente y ver si estos procesos son realmente intermedios y pueden ser abordados de una sola tacada. Hay técnicas para ello[5], y las emplea. Sigue razonando así:

"El objetivo de toda empresa es maximizar el valor actual de su beneficio, mientras que el del Homo Sapiens es optimizar la calidad de vida para los habitantes y sus descendientes, cosa que incluye la protección del entorno del que dependemos para la vida. Estos objetivos son mutuamente excluyentes, lo que provoca a las grandes corporaciones una pérdida neta anticipada por cada práctica que tanga al segundo objetivo como fin. Hemos encontrado pues una posible causa raíz, una tan ubicua que provoca un goteo continuo que erosiona los esfuerzos mejor intencionados para resolver los problemas comunes, tales como la sostenibilidad." (672)

La solución que propone Harich es la siguiente. Se trata de modificar las relaciones de dependencia cambiándole el signo al lazo de la resistencia al cambio, y convertirlo a nuestro favor. Harich nos recuerda que la intención original de la empresa era precisamente servir al bien común pero que, mientras que esta idea sigue presente en la mente social, en realidad esto es ahora sólo una verdad a medias (a medias, dice). Lo mismo aplica al crecimiento económico[6], que es tomado por bueno en cualquier circunstancia. De modo que habría que cambiar el objetivo real de las corporaciones de manera que la fuerza de la resistencia al cambio fuera convertida en una fuerza favorable a la sostenibilidad. Esta es la conclusión que se obtiene del modelo, del que ya lleva realizadas 6 simulaciones sin que ninguna de ellas permita resolver nada sensible.

Pero a la séptima va la vencida.



Resultados de la simulación que consigue el éxito deseado (XX)

En esta séptima simulación Harich ha ideado un *índice de sostenibilidad*, en porcentaje, que atribuir a cada empresa a fin de año, que será aplicado al beneficio. Si es del 100%, los accionistas tendrán a su disposición todo el beneficio generado. Si es del 0%, nada. La parte no disponible del beneficio sería destinada por la comunidad a compensar las deficiencias de sostenibilidad[7]. Con sólo este cambio, Harich convierte un círculo vicioso en un círculo virtuoso, basado en lo que denomina Corporation 2.0. El modelo presenta el resultado de la figura.

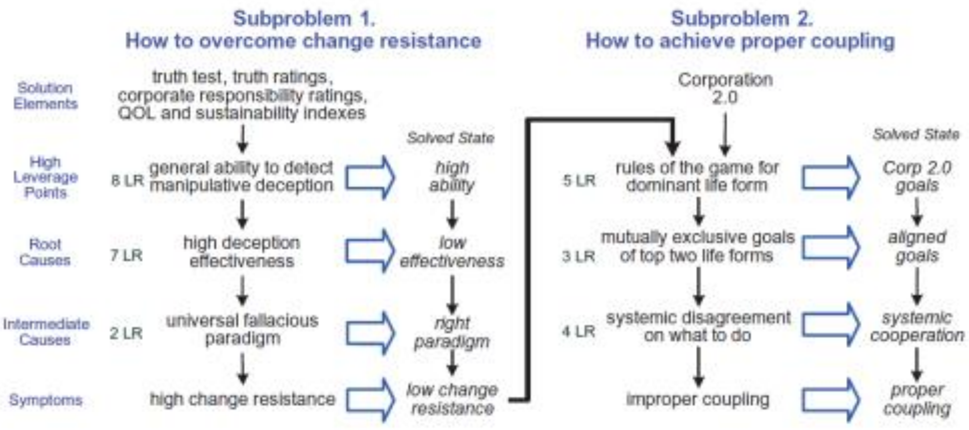


Fig. 12. A leverage chain perspective. Block arrows represent state changes over time. Line arrows are influences. Not shown are the feedback loops essential to keep change resistance in the solved state

Cadena de apalancamiento una vez dividido el sistema en dos subsistemas

Está claro que la definición de este índice, y su medición, resultarían controvertidos. Pero cosas más difíciles se han hecho, y ésta tiene la ventaja de que activa el efecto palanca que amplifica, realimentación positiva mediante, cualquier pequeña fuerza proactiva de los activistas del interés público. Ello ocurre en la medida de que el resultado de mejorar el problema del ‘acoplamiento adecuado’ del controlador, ya en marcha pero infructuoso por sí mismo, es decir, la salida de ese primer subsistema, se convierta en la entrada del segundo subsistema, que es el que promueve la solución al problema de la resistencia al cambio. Pero este último alterado en sus interdependencias (reglas), con la introducción de esa condición para determinar el porcentaje de beneficio

a disponer. De esta forma Harich demuestra que su modelo de dinámica de sistemas se autoorganiza en la dirección correcta.

Sostiene que hacer esto es posible en la realidad '***if*** we can overhaul the design of the modern corporation'[8]. No oculta que este intento será contestado a su vez con un lazo de compensación también muy fuerte, pero que ahora sí vale la pena el esfuerzo, pues:

"La historia podría avanzar de nuevo si pudiéramos intervenir en el punto de apalancamiento que promueva en el público la habilidad de detectar el engaño manipulativo." (669)

Y señala un antecedente: el lazo de realimentación del voto. Era contrario a dictadores, señores de la guerra y déspotas varios, pero ha alcanzado un éxito histórico considerable, que parece seguir propagándose. Aunque algunos hayan aprendido también a forzarlo a su favor.

De esta forma las corporaciones pasarían de difundir o financiar información falsa y tendenciosa, incluida la publicidad, a promover información sobre sostenibilidad (o a callarse). Por ejemplo, mostrarían la necesidad de transitar desde el crecimiento y la eficiencia hacia la *suficiencia* (673,674). Desde luego esto recuerda a la economía del bien común, del alemán Christian Felber, un reciente intento bienintencionado de superar la dicotomía entre capitalismo y comunismo que fue publicado poco después (675).

Harich observa que esto constituye un punto de apalancamiento (*leverage point*) al estilo de los descritos por Donella Meadows y que hemos visto más arriba. Denomina a la incorporación del voto la '*ruler benevolence feedback loop'*[9]. Y se pregunta:

"¿Habrá perdido el sistema el lazo de realimentación 'empresa benevolente'?" (674)

Querido lector, adivino su respuesta

La importancia de la verdad

En definitiva, lo que este trabajo muestra es una nueva obviedad: la mentira hace mucho daño. Pero por la vía del análisis sistémico nos damos cuenta de hasta qué punto el retardo cognitivo que promueve resulta fatal para todos.

Harich pasa entonces a recordarnos la constante falsedad de las afirmaciones públicas, que él estima subjetivamente en un 90% en base al siguiente razonamiento:

"Piense usted en alguna decisión política importante, sea ésta a quién elegir, qué posición apoyar, a qué partido, o incluso acerca de qué valores a largo plazo deben adoptar las personas. De entre los argumentos presentados por quienes intentan influir en estas decisiones ¿cuántos de ellos eran neutrales y factuales, y cuántos eran sesgados y empleaban racionalizaciones, falacias, o eran directamente falsos? … La mayoría de los partidos en la contienda política son accionados por la necesidad competitiva de conformar los hechos y los razonamientos de forma que promuevan sus intereses." (676)

Y es que, en las democracias modernas, la mayor parte de la influencia sobre las decisiones políticas se vehicula a través del discurso. Mucho más todavía que mediante los chantajes, los sobres, las puertas giratorias o la fuerza. Harich sostiene, y yo le apoyo porque he estudiado estas cosas con detenimiento, que esta falsedad de fondo tiene su origen planificado en las grandes corporaciones y fortunas. Ésas que, como Warren Buffet, creen que la lucha de clases desde luego que existe, y proclama que ellos la van ganando por goleada (677). Pero no hay que ir demasiado lejos: la contrarrevolución conservadora estadounidense ha alcanzado ya, en la hasta ahora resistente Europa, sus últimos objetivos culturales.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] Si ciertas formas de negacionismo estructuran la interpretación de un problema, también condicionarán el pensamiento acerca de la solución – Earthmasters (678)
[2] Puedo estar equivocado porque no he profundizado mucho en este aspecto concreto y he puesto las referencias sólo para quien quiera iniciarse en el tema
[3] Teoría de sistemas liberadora: hacia una teoría crítica del sistemas
[4] Homeostático, dice Harich, en su símil biológico
[5] Root Cause Analysis (679)
[6] El propio *inventor* del PIB, Simon Kuznets, destacó ya en 1935 que “El bienestar de una nación difícilmente puede ser inferido a partir de una medida del ingreso nacional.” (680)
[7] Esto no es posible hacerlo nunca al 100%, pero insisto que todo esto vale como ejercicio interesante de aplicación
[8] Si podemos revisar el diseño de la empresa moderna
[9] Lazo de realimentación del gobernante benevolente

13: ¿Qué podemos hacer? 13:2 Desatornillar el spin

11/01/2015 por Ferran P. Vilar

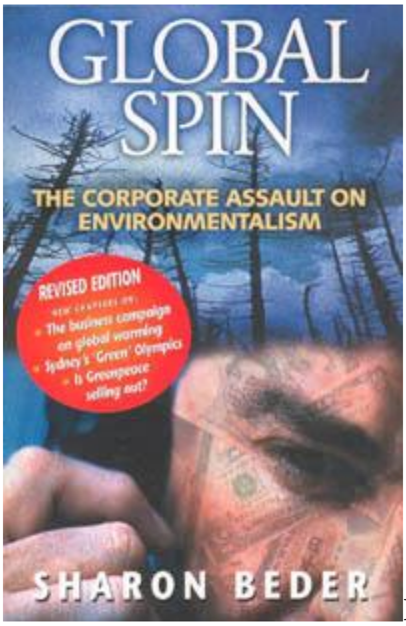
“Science is telling us all to revolt … Only social mass movements can save us now.*[1]*”
– Naomi Klein

Índice de la serie y enlaces



El trabajo de Harich que he descrito en la entrada anterior cita, para fundamentar la magnitud y las estrategias del engaño generalizado, las obras de la australiana Sharon Beder, ingeniero de formación, que trabaja en el departamento de ciencias sociales de la Universidad australiana de Wollongong. Beder comenzó en 1995 describiendo la táctica SLAPPS[2] (681), para dedicarse hasta hoy a mostrar el detalle de la estrategia y la táctica del denominado *spin*, los orígenes y los mecanismos por los que se propaga la mentira prefabricada. Algunas de sus otras obras son: '*Global Spin: The Corporate Assault on Environmentalism'*[3] (682), *'Free Market Missionaries: The Corporate Manipulation of Community Values'*[4] (683) y *'Suiting Themselves: How Corporations Drive the Global Agenda'*[5] (684). Recomiendo estas lecturas y algunas más sobre el mismo tema que incluyo en las referencias, y que yo he devorado a lo largo de los últimos años (684-687). En este blog también encontrará este tipo de cosas, referidas al caso particular del negacionismo climático, pero no solo.

Esto del *spin* los latinos debemos tenerlo como algo de lo que no nos hemos enterado mucho. No hay traducción buena. Lo he visto expresado como 'persuasión', término que emplea Vicenç Navarro a menudo. Pero creo que no captura toda la esencia del término. Literalmente significa 'hacer girar', rotar, y en el ámbito de la comunicación pública y las agencias PR – que por aquí son conocidas por el suave apelativo de agencias de 'comunicación política' cuando en realidad trabajan más para empresas que para políticos – es un concepto de uso común, queriendo decir que se trata de cambiarle a usted su opinión sin que se entere, un poquito cada día, infinitesimalmente. De pronto, al cabo de cierto tiempo, usted ha basculado. Ve las cosas de otra manera, o compra el producto o la idea, y no sabe muy bien cómo ha sido. Cree que es el resultado de su propia reflexión.



Estas cosas, que han alcanzado hoy en día un grado de refinamiento asombroso, ya tienen casi 100 años de riguroso estudio privado y muy poco transparente. Los *focus groups* sin avisar de que le están a usted viendo desde el otro lado del espejo son (o eran) la norma en casi todos los medios de comunicación[6], pero ahora la moda reside en el análisis de sus reacciones a ciertos mensajes, y a su forma y marco de exposición, mediante la técnica de la neuroimagen. Como ve, todo muy científico.

Como ejemplo tenemos el negacionismo climático, bien conocido por los lectores de este blog, que analiza puntos débiles en términos cognitivos y diseña mensajes, marcos y repeticiones que le penetren mejor a usted y a mí sin que nos demos cuenta.

Pondré otro ejemplo de cómo se puede cambiar la percepción de las cosas. El estallido financiero de 2008 estuvo originado básicamente por los créditos *subprime* estadounidenses tomados por garantías triple A y comercializados por bancos alemanes, holandeses y británicos. Houston, tenemos un problema. El mundo entero se va a enterar de que el problema eran las subprime USA. Pues nada. Vamos a cambiar el foco.

Si consigo desplazar la atención de los Estados Unidos y Centroeuropa hacia los países endeudados, y lo hago apuntando a la deuda soberana, miel sobre hojuelas neoliberales. Me quito mi muerto de encima, se lo cargo a otro, y además le obligo a que reduzca el tamaño de su sector público, con lo cual me queda más espacio para el negocio privado. Que es de lo que en definitiva se trata.

Cuenta Ignacio Muro en el Huffington Post cómo el apelativo PIGS comenzó a (re)circular a finales de 2008 de la mano de Newsweek, del Wall Street Journal y el Financial Times. PIGS es acrónimo de Portugal, Italia, Grecia y España (688). *Pig*, en inglés, significa cerdo. Hoy este acrónimo tiene millones de enlaces en Google, y medio mundo nos tiene por puercos. Y es que no hay nada como un buen *meme*. Tanto da si España tenía superávit antes de la crisis. Para los ultraliberales todo sector público es un foco de criptosocialismo, y no es otro el enemigo a batir. Así funciona el sistema.

Todo esto lo sabía muy bien Edward Bernays, el fundador de la propaganda y gracias a quien las mujeres comenzaron a fumar como los hombres. Bernays señalaba ya en 1926, en su libro *Propaganda*, que:

“Aquellos que manipulan este mecanismo oculto de la sociedad constituyen un gobierno invisible que es el auténtico poder de nuestro país. En casi todos los actos de nuestras vidas cotidianas, en la esfera política o de la empresa, en nuestra conducta social o nuestro pensamiento ético estamos dominados por un número relativamente pequeño de personas… que manejan los hilos que controlan la mente del público.” (689)

Claro que Adolf Hitler, alumno aventajado, era más bruto:

“En la mentira mayúscula siempre subyace una cierta fuerza de credibilidad … En la simplicidad primitiva de [la mente … las masas] caen antes víctimas de la gran mentira que de la pequeña, pues ellos mismos a menudo dicen mentirijillas sobre asuntos de poco interés, pero sentirían vergüenza si tuvieran que sostener falsedades de gran escala. Nunca se les ocurriría fabricar mentiras colosales, y no creerían que otros fueran tan imprudentes como para distorsionar la verdad de forma tan infame.” (690)



Agnotología: el estudio de la ignoracia o la duda culturalmente inducida

El concepto más reciente en relación al engaño es el de *agnotología*, o promoción *activa* de la ignorancia, que consiste más una lluvia fina de *spin* insertado entre verdades que la tempestad que el dictador nos señala como verosímil, y que podría no estar del todo ausente a día de hoy (691). Ignorancia climática (692), química (693), económica (682), política (694), por ejemplo por la vía de la infiltración (693) y el astroturf (695), entre muchas otras. Hasta el Dragon Rapide, avioneta que llevó a Franco a las Islas Canarias para iniciar su insurrección militar en julio de 1936, llevaba a bordo su especialista en propaganda (696). Todo ello son expresiones del concepto de *engineering consent* del propio Edward Bernays[7] (697) o del *manufacturing consent* del teórico de la comunicación Noam Chomsky (698), aunque descritas desde orillas opuestas.

Se dice que es posible engañar a pocos durante mucho tiempo, y a muchos durante poco tiempo, pero a muchos mucho tiempo no lo es o no es fácil. Será difícil, pero que se lo pregunten a Warren Buffet o a los miembros de la Business Roundtable y la Philanthropy Roundtable, que sólo se reúnen en público en el World Economic Forum de Davos, sucedáneo y complemento de la ultraliberal negacionista Mont Pélérin Society (699), auténtico promotor de fondo de estos encuentros.



W. Lance Bennett y Robert M. Entman, catedráticos de ciencias políticas y de comunicación, lo dicen sin ambages en su obra *Mediated Politics*[8]>, en referencia al siglo XX:

"[L]a historia de la política y de la opinión pública de este siglo puede ser escrita en términos del empleo de las técnicas de relaciones públicas, a menudo engañosas, para 'maquinar consentimiento' entre los gobernados." (700)

El sociólogo de la Universidad de Drexel Robert J. Brulle ha analizado en detalle la financiación de estas actividades de desinformación, sólo la documentada y sólo en cambio climático y sólo en los Estados Unidos. Se ha empleado un mínimo de casi mil millones de dólares entre 2003 y 2010, emitidos por 140 fundaciones diferentes y dirigidos a 91 centros de difusión negacionista (668). El título de su más reciente trabajo *Institutionalizing delay: foundation funding and the creation of U.S. climate change counter-movement organizations*[9], ya sugiere cuál es el objetivo de estos maquinadores. Hacernos llegar tarde a todo.

Orientar adecuadamente las energías escasas

Afirma Antonio García Olivares, y yo lo suscribo, que el panorama que viene enfrenta a dos actores principales. Por una parte estaría el poder económico vigente que, conocedor por fin del problema energético y sabedor por tanto de que ya no es posible acumular más capital por la vía tradicional, ni apenas tampoco mediante el juego financiero, se irá haciendo cargo más o menos discretamente del estado con el fin de poder succionar el capital que los ciudadanos hayan ahorrado. Como he señalado esto ya está ocurriendo en alguna medida, pero todavía a una escala discreta. Por otra parte estaría la ciudadanía, el pueblo, digamos, cuya intención sería oponerse a este robo legalizado y tomar el poder por su cuenta si no fuera capaz de detenerlo.

Hay algo que debe quedar muy claro. Las élites no son lo que parecen. Un amigo me hizo ver en su día que la gente cree que los gobernantes, pese a su inevitable mala prensa, en realidad saben lo que se hacen, y que si no hacen más o mejor es porque realmente no es posible. Esta idea debe ser desterrada pues, como hemos visto hasta aquí, no cabe duda de que han sido precisamente las clases más instruidas las que nos han llevado y nos están llevando directamente al colapso, diciéndonos que ellos *saben lo que hay que hacer*. La estulticia de afirmar que lo hacen por nuestro bien la tienen algunos, pero no todos. En cambio sí nos quieren convencer, y ellos están convencidos entre sí, de que saben cómo mantener un cierto equilibrio social, ni que sea a su favor.

Será, es ya importante, identificar cuáles van a ser los agentes que desean el cambio, integrarlos y dotarles de la fuerza que seamos capaces de insuflarles. Pero si para algo nos puede ser útil la dinámica de sistemas es para estar siempre atentos a los aspectos generales de la cuestión. En particular, como hemos visto, a los poderosos lazos de la reacción, a no dejarse entretener con causas aparentes y a examinar siempre de forma crítica la consideración del contorno del sistema.

El mencionado trabajo de Jack Harich podría ser un buen punto de partida, que deberíamos intentar mejorar. Hay algo muy importante que podemos aprender de él. Por mucha intensidad que los activistas del bien común pongan en sus acciones, su victoria es muy difícil. Harich muestra que el único camino transitable para conseguir el objetivo pasa por debilitar el lazo de la resistencia al cambio (que ahora está promoviendo cambios a su favor), y/o modificarlo de modo que opere en favor de la comunidad y, por lo menos hasta cierto punto, también de sí mismo. Activistas y científicos sociales deberían tomar buena nota si quieren que su tarea sea realmente eficaz.

Lo del índice de sostenibilidad para ser aplicado a los beneficios lo veo poco transitable para el medio plazo, sobretodo teniendo en cuenta la inexorable tendencia de los beneficios a cero de la que ya nos hablaba Marx en el siglo XIX y que, si no se ha cumplido hasta ahora, es porque el crecimiento económico lo impedía (y por tanto estaba mal formulada). Pero el crecimiento está a punto de concluir, y de ahí que García Olivares sugiera que a partir de ahora sí vamos a ver este efecto en marcha (701).

Finalmente citaré un párrafo del último revisor de LLDC, Graham Turner, cuyas conclusiones he descrito ya en una entrada anterior. Él lo tiene claro. En un artículo-resumen que publicó en The Guardian a principios de septiembre tras haber emitido su informe en agosto de 2014, señalaba:

"Podría ser ya demasiado tarde como para convencer a los políticos del mundo y a las élites adineradas que imprimieran un rumbo distinto. Luego, para el resto de nosotros, es hora de pensar cómo nos protegemos a nosotros mismos mientras nos encaminamos hacia un futuro incierto." (702)

Pues vaya, porque yo he escrito estos textos con una mirada puesta en quienes tienen hoy la capacidad de decidir caminos transitables, y no solo de reojo. No obstante, en la próxima entrada veremos algunas cosas más que podemos hacer.

Examinar referencias

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] La ciencia nos está diciendo cómo debemos sublevarnos … Ahora sólo pueden salvarnos los movimientos sociales masivos (703)
[2] Strategic Lawsuits Against Public Participation: Denuncias judiciales estratégicas para limitar la participación pública (aunque se pierdan, marean y limitan, que es de lo que se trata). Otra estrategia, que Enric Juliana afirma que se da en Rusia como herramienta política habitual, es provocar la *muerte civil* por la vía de la difamación, los dosieres más o menos veraces, o totalmente inventados
[3] Persuasión global: el asalto empresarial al ecologismo
[4] Misionarios del libre mercado: la manipulación empresarial de los valores comunitarios
[5] Denunciarse a sí mismos. Cómo las grandes empresas conducen la agenda mundial
[6] Yo participé en algunos del sector editorial en mi vida anterior. Sólo vi advertir a los participantes de que se les estaba observando en contadas ocasiones (las que podía dominar yo)
[7] En Amazon este libro de 1969 lo venden pos ¡2.000 dólares!
[8] Política mediatizada
[9] Institucionalizando retardo: financiación a través de fundaciones y la creación de las organizaciones del contramovimiento de cambio climático en los Estados Unidos

y 14: ¿Qué más podemos hacer?

17/01/2015 por Ferran P. Vilar

"Speak the truth … Operate from love."[1] (Donnella Meadows, LLDC, 2004)



Índice de la serie

Si usted ha leído hasta aquí, cosa que le agradezco, lo más seguro es que sea porque le inquieta la respuesta a la pregunta del titular, y porque espera encontrar algunas orientaciones sobre qué camino elegir de entre los transitables. En una charla reciente, cerca de Segovia, poco después del congreso de Barbastro, los asistentes me interrogaron sobre ello en el turno de preguntas. No supe qué contestarles. Les dije que estaba todavía en estado de shock. Así estoy todavía, pero me siendo obligado a abordar esta cuestión al ir concluyendo un texto como éste.

Veamos pues caminos transitables. En el plano racional mencionaré lo que los autores de LLDC, habiendo sido criticados en su día por no aportar soluciones (concretas) en su trabajo original de 1972, aportaron en su revisión de 2004. Si no nos valieran ya para evitar este colapso nos deberían servir por lo menos para alejar el siguiente. Son éstas, de la forma en que fueron recogidas por la reseña de LLDC-30 realizada por Emilio Cerdá, de la Universidad Complutense de Madrid:

"a) Ampliar el horizonte de planificación … b) Mejorar las señales … c) Acortar los tiempos de respuesta …d) Minimizar el uso de recursos no renovable … e) Prevenir la erosión de recursos renovables … f) Utilizar todos los recursos con la máxima eficiencia … g) Desacelerar y finalmente detener el crecimiento exponencial de la población y del capital físico." (704)

Todo ello:

“Implica un cambio institucional y filosófico y una innovación social. Requiere definir objetivos en torno a la idea de desarrollo más que de crecimiento. Reclama, simple pero profundamente, una visión más amplia y satisfactoria de la finalidad de la existencia humana que la mera expansión y acumulación material.” (704)

Cómo conseguimos todo esto, si es que es esto lo que hay que hacer, querido lector, yo no lo sé muy bien, o no lo sé todavía. Hasta ahora veía casi imposible evitar el cataclismo climático; hoy veo el colapso energético también inevitable y además mucho más próximo. De todas formas ahí van algunas ideas a vuelapluma a la espera de una mayor sedimentación.

Una de las cosas que se pueden hacer es dar a conocer todo esto. Sabemos que no es eso condición suficiente, pero siempre será necesaria. Hay maneras algo duras, como ésta, a pesar de miss intentos de simplificación y divulgación, que proseguiré. Y las hay más directas, que le permitirán evaluar y confirmar lo que yo le cuento. Por ejemplo, usted puede encontrar estos modelos en Internet, ejecutarlos (algunos directamente) y examinar los resultados con detenimiento.

Puede examinar y ejecutar los modelos globales World3 aquí y aquí, el modelo Vensim aquí y aquí, y el que ha empleado Jørgen Randers lo encuentra a partir de aquí. También es interesante el modelo WorldChange, desarrollado por Jack Harich, el de la crux: es un World3 al que le ha añadido el lazo de la resistencia al cambio, que puede encontrar descrito a partir de aquí. El WoLim de la Universidad de Valladolid no está en línea para ser ejecutado, pero puede encontrar el código aquí.

Mejor todavía (supongo) es jugar. Hay un juego de ordenador que simula World3, desarrollado por la ASPO[2] de Polonia (705). Usted puede jugar a ser amo del mundo y tomar decisiones, a ver qué ocurre. Pero ándese con cuidado que la bajada del zip me ha avisado de que el fichero es peligroso (lagarto), y yo no lo he instalado. Sin embargo hay gente que manifiesta haberlo ejecutado sin problemas y parece contenta con él. Lo he conocido a través de aquí, donde están los enlaces al ejecutable, al manual (706) y comentarios de algunos usuarios.

¿Tecnología al rescate?

Por lo demás no cuente con la tecnología para el mantenimiento del status quo crecentista. El acento sobre este componente como tabla de salvación ecologista tiene su origen en la fórmula de impacto ambiental I=PAT, que hemos visto someramente aquí. Esta expresión nos permitía mantener el tabú cultural sobre la variable poblacional P (707), y el tabú económico sobre el crecimiento de la producción industrial por habitante A (affluence): siempre nos queda la tecnología T para compensar lo que haga falta (708). Pero resulta que, entre otras cosas, en las condiciones actuales, para conseguir esa tecnología supuestamente redentora habría que aumentar la producción industrial. Cosas de la visión sistémica, que permite ver cómo las variables P,A,T en realidad no son independientes sino que se realimentan entre sí (709).

De hecho, Jorge Riechmann sostiene que es precisamente la *tecnolatría* lo que limita o impide la asunción de las cosas como son. Ciertamente contamos con los mágicos

atributos de la tecnología, mágicamente atribuidos, como remedio a la angustia que nos genera la realidad que nos refleja LLDC y sucesores. Pero eso es un espejismo del que usted se librará en cuanto medite un poco sobre ello en términos sistémicos, para lo cual tiene que vencer previamente el temor a la angustia. O espejismo o angustia: elija, por favor.

Crear comunidad

Otra cosa que podemos y debemos hacer es apoyar a l@s nuestr@s, a quienes se juegan el tipo por la verdad. He hablado ya de algún@s de ell@s, pero los resumiré aquí de nuevo añadiendo algun@s más.



Joan Martínez Alier, 2014: “El crecimiento verde es una utopía” (741)

España es muy sabia en este terreno, por lo menos en términos relativos respecto a otros lares. Auténticos pioneros de la economía ecológica son españoles, comenzando por Joan Martínez Alier, uno de los fundadores de la disciplina, de la primera asociación profesional y de su publicación académica de referencia. Fue también uno de los creadores del Institut Català de Tecnologia Ambiental (ICTA), que tiene su sede en la Universitat Autònoma de Barcelona (Bellaterra). Se trata de un centro de máximo nivel internacional en este ámbito donde sociólogos como Joan David Tàbara se codean con los mejores especialistas mundiales en cambio climático (710), estudiosos de la comunicación (711) y de los *sistemas de conocimiento* (712), área esta última muy conectada con lo que aquí estamos tratando. Están ahí pioneros teóricos del decrecimiento como Esteve Corbera, Mario Giampietro, GiorgosKallis y Christian Kerschner, entre otros.

Tenemos también analistas de la economía española en términos físicos, pioneros a su vez de la economía ecológica, como José Manuel Naredo, Óscar Carpintero (713) y Xoan Ramón Doldán, de la Universidad de Compostela y presidente en activo de la Asociación de Economía Ecológica en España – que cuenta actualmente con casi 50 miembros – junto a los chaparrones de agua fría con que hemos visto que nos instruye Pedro Prieto respecto a la tasa de retorno energética (TRE) de la energía solar peninsular (631). Y la contundencia expresiva de José Anastasio Urra, de la Universidad de Valencia. Hay divulgadores de la talla y la productividad de Antonio Turiel (o de la eficacia comunicativa del propio Prieto), quien irradia entusiasmo a su equipo del Institut de Ciències del Mar (CSIC) de Barcelona. Destaca ahí la profundidad y la

variedad de los trabajos de Antonio García Olivares – que he referenciado ampliamente – líder del único intento serio hasta ahora de imaginar un mundo similar al actual accionado sólo con energías renovables teniendo en cuenta las limitaciones materiales – y que intenta hablar el lenguaje y adoptar los modelos de la economía neoclásica[3] con la finalidad declarada de llegar a públicos poco predispuestos a atender mensajes originados en entornos que abracen el prefijo *ecolo*.

La gente de la Universidad de Valladolid, liderados por Carlos de Castro y Margarita Mediavilla, a los que también me he referido, aporta la imprescindible perspectiva sistémica. Y mucho más, pues son quienes han mostrado que lo que García Olivares et al habían ideado respecto a un *todo renovables* resulta en realidad poco verosímil. ¿Sabe cómo? Empleando una visión *top-down,* holística. El trabajo original de García Olivares era *bottom-up*. Como los neoclásicos

También contamos con los Valero, padre e hija, con su ingente trabajo termodinámico sobre la disponibilidad de materiales desde el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) de la Universidad de Zaragoza. Su reciente obra magna 'Thanatia' (284), está destinada a convertirse en un clásico.

Finalmente tenemos unos pocos filósofos en activo conscientes de todo ello y a su vez divulgadores, como los ya citados Jordi Pigem (75) y Jorge Riechmann (104). El primero es 'filósofo de la ciencia' en Londres; el segundo es licenciado en ciencias matemáticas y doctor en ciencias políticas y profesor de filosofía moral en la Universidad Autónoma de Madrid, entre otros credenciales. Y poeta.

En el terreno social cabe destacar la asociación gallega Véspera de Nada (!) que se prepara para una Galicia sin petróleo. Uno de sus miembros. Manuel Casal Lodeiro – autor del artículo "Nosotros los detritívoros", que se ha convertido en un breve libro (714) – acaba de iniciar la edición de la revista '15/15\15: Revista para una nueva civilización' que dirige, y que ha sido financiada a través de Verkami. Sin olvidar la notable y voluntariosa labor de divulgación y la profundidad de los debates radiofónicos promovidos por el Colectivo Burbuja que promueve a su vez Juan Carlos Barba ni la inagotable actividad de Florent Marcellesi, diputado por Equo en el Parlamento Europeo y coautor del libro 'Adiós al Crecimiento: Vivir bien en un mundo solidario y sostenible' (715).

Conozco también, pero menos, la fundación Fuehm Ecosocial de Yayo Herrero, líder hasta hace poco de Ecologistas en Acción. Por cierto que esta organización es uno de los grupos activistas *clásicos* más conscientes de todo esto – y de los pocos no contaminados por la penetración corporativa. Ha promovido la edición de una obra de dos volúmenes, muy reciente, titulada "En la espiral de la energía", elaborada por Ramón Fernández Durán y Luis González Reyes. He tenido conocimiento de ella concluyendo esta serie de escritos, por lo que no la he examinado todavía con detenimiento – si bien tiene un aspecto magnífico. Puede descargarlos o ver extractos publicados en el blog The Oil Crash sobre el papel de los colapsos sociales en los ciclos históricos (I y II). Pero lo mejor que puede hacer es adquirir la versión impresa aquí. Son también muy loables las acciones comunales promovidas por los movimientos denominados *Ciudades en Transición*.

Usted puede apoyar todas estas iniciativas de muchas maneras. Hágalo, por favor[4].

Explorar la inteligencia colectiva

De nuevo en relación al *pensamiento sistémico*, el suizo-húngaro Alexander László señala dos ópticas posibles. Una sería la orientada a la toma de decisiones, que es la que se enseña en las escuelas de negocios, y que está basada en el individualismo, la competición y la formación para las competencias profesionales. Es la que hemos visto hasta aquí. Denomina *specialized systems thinking* a esta orientación utilitarista.

La otra, que denomina *general systems thinking*, promueve el desarrollo de una conciencia global, cooperativa, basada en el trabajo en equipo, la exposición a todo el conocimiento y la sabiduría acumuladas hasta ahora por el ser humano, y en el *aprendizaje para la vida* (716). Por ejemplo, promoviendo la emergencia de la *inteligencia colectiva* (717).

Para ello la dinámica de sistemas, unida a Internet, podría ayudar, como intentan en el Centro de Inteligencia Colectiva del Massachusetts Institute of Technology – (ver ref. 718 para el caso concreto del problema climático, el proyecto CoLab y ref. 719 para una versión previa más elitista de la Rand Corporation). Desarrollan ahí sistemas de argumentación, razonamiento y participación online para miles de personas simultáneamente, que intentan desde hace ya algún tiempo responder a la siguiente pregunta:

"¿Cómo podemos conectar personas y ordenadores de forma que – colectivamente – actúen de forma más inteligente que ninguna persona, grupo u ordenador lo haya hecho hasta ahora?" (720)

Una de las ventajas de estos sistemas es que si usted pretende algo que es físicamente imposible o comete un error de razonamiento lógico, el ordenador le señalará error. Por ejemplo, si usted tiene la ocurrencia de obviar las leyes de la termodinámica… ¡pip! Fatal error. Es la *web semántica* (721).

Habrá que seguirle la pista a esto, aunque personalmente no tenga mucha confianza en el éxito de los posibles resultados finales. Aunque lo mío es una sensación por ahora irracional, debida probablemente a mi reciente desencanto con las (excesivas) promesas de la tecnología (¡no de la ciencia!) – o por lo menos por el descubrimiento de su costado perverso y que no tengo todavía bien elaborado, con lo que podría estar siendo víctima de un cierto movimiento pendular excesivo. Pero sería magnífico si se acabara consiguiendo algo así, fuera comúnmente aceptado y sus resultados fueran vinculantes. Bien llevado, podríamos estar frente a una extensión *eficiente* de la democracia.

Ervin László, padre de Alexander László, consciente sin duda de lo que he ido exponiendo en estos escritos, señala en su libro *You Can Change the World*[5] el período 2012-2020 como crítico, durante el cual se produciría un *Macroshift*, entendiendo por tal un movimiento popular decisivo capaz de cambiar el curso de las cosas con la ayuda de Internet (722). Tal vez entre todos podamos ayudarle a tener razón, o por lo menos intentarlo.

Con todo, nada sustituye a la relación directa, el debate personal, la lucha. Las batallas se hacen, se ganan, a pie de calle. No (sólo) descomprimiéndose frente a una pantalla de ordenador o un dispositivo móvil. No habrá revolución desde la comodidad del sofá

doméstico. Es necesario, como sugiere Giorgos Kallis, orientarse hacia el decrecimiento sostenible y promover una (re)radicalización de los movimientos sociales (723).

Más verdad, más fuerte

Frente a la evidencia de que la extralimitación ya se ha producido hace tiempo y de que estamos ahora cargándonos lo que necesitaríamos para que el colapso fuera más llevadero, los autores de LLDC apelan también a instrumentos 'acientíficos', algunos de ellos puramente espirituales. Son éstos:

"Visión, coordinación, verdad, aprendizaje y amor." (724)



Como vemos, la verdad está en el centro. La verdad hay que decirla, repetirla, gritarla, jugarse el tipo por ella, lanzarla hacia adelante, mostrársela al poder. No admitir sonrisitas, ironías, negativas, negacionismos. No estamos pidiendo lujo alguno, ni imponiendo cosmovisión ninguna. Estamos simplemente diciendo la verdad, señalando cuáles son las condiciones que la realidad impone a nuestros deseos, y tratando de encontrar una ruta transitable para todos. Pero partiendo siempre de los caminos posibles, sin ilusiones vanas.

Tengo por cierto a estas alturas que la mejor manera de combatir la desinformación no es con más ni con mejor información – aun siendo desde luego necesaria – que siempre puede ser presentada como contrainformación por los desinformadores. Lo que de verdad airea la falsedad y paraliza al farsante es la desnudez de las técnicas, de los orígenes y motivaciones, coyunturales y estructurales, de la información falsa o tendenciosa. Por el momento todavía tenemos (por aquí) libertad para exhibir estos comportamientos; ya veremos en el futuro. En España el periodista de investigación Pascual Serrano, fundador de Rebelion.org, ha editado un buen número de libros al respecto (725-728) – en editoriales muy minoritarias – como concreción de las reflexiones del conocido Noam Chomsky. En el Reino Unido es muy interesante el trabajo crítico sobre los medios de comunicación de David Edwards y David Cromwell, de la organización Media Lens (729,730).

Eso es algo que, creo yo, todos podemos intentar descifrar, denunciar y difundir en alguna medida mientras tengamos Internet.O hacerlo en medio de la calle cuando sea preciso. No será suficiente, pero siempre será necesario.

Conciencia universal

Yendo un paso más allá, una corriente de pensamiento encabezada por el físico de Berkeley Fritjof Capra, que ya en 1975 escribió un libro sobre el *Tao de la Física*, teoriza ahora e intenta encontrar la vida como propiedad emergente de los sistemas en su reciente (e imprescindible) '*The Systems View of Life: A Unifying Vision*[6]', publicado el pasado mes de junio (27). Dicha obra puede considerarse complementaria del magnífico y sugerente '*La termodinámica de la vida*', que escribieron Eric D. Schneider y Oriol Sagan en 2005 (731), con el que comparte argumentaciones. También es posible encontrar conexiones con la mecánica cuántica. Todo ello son por ahora aproximaciones a posibles nuevas verdades, todavía incipientes, *work-in-progress*. En este terreno hay que ir con cierto cuidado, pues se escuchan algunas estupideces de apariencia ilustrada que es preciso saber desbrozar.

Algunos pasos más allá, en la frontera con lo esotérico, encontramos a los László, padre e hijo, dos de los fundadores del Club de Budapest. La tesis de los László y de las eminencias de este club es que no sólo la consciencia humana es a su vez una propiedad emergente. Ellos llegan a plantear la existencia de una *conciencia universal* de la que todos seríamos portadores. László denomina a este campo de consciencia 'campo akásico' que, según sostiene, crea coherencia entre los distintos campos electromagnético, gravitatorio, nuclear, cuántico y el de Higgs. Tiendo al escepticismo en esto de las teorías del todo, espíritu incluido. Pero no tengo por ahora criterio suficiente para valorarlo.

Observo mucho *friki* en este terreno, pero también gente realmente seria. El propio László no es un simple aficionado a lo espiritual, sino alguien muy venerable agraciado con cuatro doctorados honoris causa, además de acreditado concertista de piano. Entre los primeros fundadores del Club de Budapest se encuentran el Dalai Lama, Milos Forman, Mijaíl Gorbachov, Yehudi Menuhin, Mstislav Rostropóvich, Arthur Clarke, Desmond Tutu … ahora son ya más de 60 personas, según nos hizo saber Ervin László en La Vanguardia hace un par de años (732). Sin olvidar al físico y matemático Roger Penrose, de la Universidad de Oxford, cuya 'nueva mente del emperador' es un referente ineludible, pero que requiere dedicación y estudio (733). Este terreno espiritual es también explorado por el geólogo y filósofo español José Luis San Miguel de Pablos (734). Resulta por lo demás inquietante que una mujer como Gail Tverberg, que no es ninguna fundamentalista, apele al componente espiritual y a la religión como *único* remedio para todos nosotros (735).

Ciertamente el hecho de que la teoría de sistemas nos facilite una visión holística que, en lo más concreto, nos permita conocer lo que puede ser y, sobretodo, lo que ***no*** puede ser, tiene conexiones con una mirada espiritual de la existencia. Y el propio hecho del holismo, del permanente alejamiento crítico del contorno, unido a las propiedades emergentes, nos puede llevar muy lejos en la exploración del conocimiento. Quién sabe si por estas nuevas dimensiones es posible encontrar respuestas inesperadas. Intentaré profundizar algo en ellas en los próximos meses, sin olvidar la imprescindible área social, más terrenal y práctica.

Amar sin límites



Igualdad en la diversidad

Como sea, nos queda el amor como último recurso inagotable, polimórfico, transversal. No olvide el amor, querido lector, que nos queremos poco, y lo demostramos menos[7], y hasta los espíritus más generosos y predispuestos resultan influidos en algún grado por los prejuicios originados en el inevitable condicionamiento sistémico. Ése sobre el que insisto una vez más: el que está en la raíz de los modelos económicos ortodoxos, y que resulta transmitido culturalmente en un proceso que se autorrefuerza, hasta hacernos reventar de egoísmo *homo economicus*.

La propia Donella Meadows, una de las autoras de LLDC fallecida demasiado tempranamente, nos lo recordaba allá por 1992: hay límites al crecimiento, pero no al amor (736). Hay muchas cosas, muy valiosas, que tienen pocos límites. Pero hay que buscarlas en el interior de cada uno y promoverlas en los demás. El filósofo Juan Antonio Marina lleva años repitiendo que formar y abrir la mente de los jóvenes (que se dejen) es la *primera* obligación de todo adulto.

Reflexionando sobre estos caminos exploratorios a menudo me pregunto si nos vendría bien una cierta vuelta al matriarcado. Los valores que asociamos a la feminidad *podrían* ser más adecuados para abordar el futuro, ellas *podrían* estar menos contaminadas. *Podrían* ser mejores portadoras de los conceptos de *igualdad*, *cooperación* y *cuidado*, que Jorge Riechmann considera centrales a partir de ahora.

Porque nosotros, los hombres, tras haber reinventado el fuego, estamos a punto de abrasarnos y fracasar con gran estrépito.

P.S.

A propósito. Tal vez quede todavía una última posibilidad de mantener la situación actual en algunas zonas del mundo, por lo menos un tiempito más, aunque no sea seguro ni tan solo de esta forma. Ted Trainer, de la Universidad de Nueva Gales del Sur, lo expresó así en 2002:

“Si quieres abundancia, prepárate para la guerra.” (737)

Éste sería nuestro último estertor.

Examinar referencias

Próxima y última entrada de la serie: Epílogo

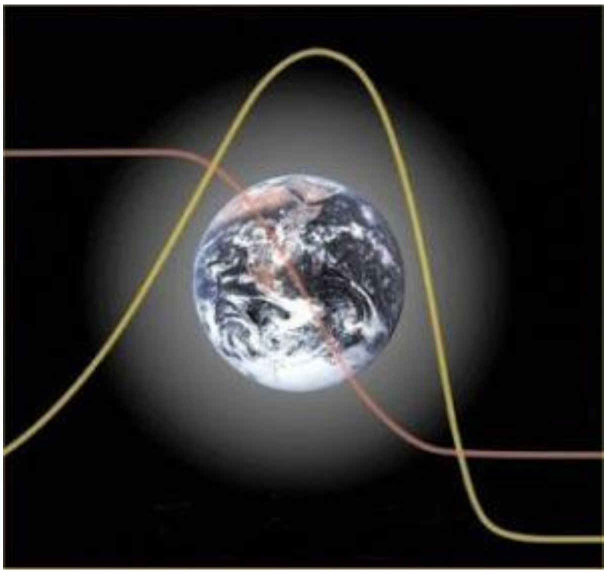
Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] Cuenta la verdad … funciona desde el amor (734)
[2] Association for the Study of Peak Oil
[3] García Olivares ha mejorado los trabajos de Robert Ayres, quien incluyó la energía en la función de producción de Cobb-Douglas (738,739). Él ha añadido, además, la información (740)
[4] Cuento con que no olvido a nadie significativo en España, pero podría muy bien ser dada mi condición de *outsider*. Si se siente excluido le ruego que me disculpe. Y que se manifieste, por favor
[5] Tu puedes cambiar el mundo
[6] La visión sistémica de la vida, una visión unificada
[7] Los catalanes somos especialmente adustos en la expresión afectiva, pero no en el sentimiento

Epílogo

20/01/2015 por Ferran P. Vilar



Estas formas podrían acabar siendo el principal icono de nuestra civilización (Imagen: LLDC)

Índice de la serie y enlaces

Hemos vivido hasta ahora en la ilusión de creer posible lo que es acorde con nuestros deseos, dando por hecho que para su materialización bastaba con intervenir astutamente en el mercado a nuestro favor. Y que, si todos hacíamos más o menos lo mismo, todos íbamos a salir ganando.

Pero esto ha sido un espejismo. Las leyes de la física no son negociables con criterios económicos. No son sólo curiosidades intelectuales: nos rigen, nos guste o no, y debemos adaptarnos a ellas. Se vuelven contra nosotros si no les hacemos caso.

Economía

Uno no puede por menos que preguntarse por qué un modelo como World3 de LLDC, que el tiempo no ha desmentido desde 1970 – al menos por ahora – es rechazado con tanta contumacia por la economía ortodoxa, mientras el DICE de William Nordhaus, basado en el modelo neoclásico de Solow-Stiglitz y establecido en los 80, que comenzó a fallar a partir de 2000 (744) – y encima incumple el principio de conservación de la masa – sigue siendo una de las principales guías de la política climática y constituye la base de las negociaciones al ser aceptada como legítima por (casi) todas las partes. Hasta el punto de que algunos extienden su validez hasta el siglo XXIII (si, 23) para obtener financiación, pública y privada, en base a sus resultados. Por favor, reflexione sobre ello.

Y pregúntese también a quiénes están sirviendo realmente los que siguen apostando por un crecimiento permanente sin contar con los límites físicos, por lo demás algunos ya muy superados y no sólo en términos de huella ecológica (745). Y por qué desprecian sus costes, demostrablemente muy superiores ya a los beneficios (746). Es más: estos costes son impagables, pues la civilización industrial, tal como la conocemos, ha contado como elemento necesario para su existencia con una energía siempre creciente. Pero ahora sabemos que esto se acaba. La civilización industrial actual comienza a darse cuenta, todavía de forma muy incipiente, de que, muy pronto, si es que no está ocurriendo ya, no podrá sufragar los costes de su propia existencia.

La dificultad principal reside en que, en el marco de la economía neoclásica (ponga capitalista si lo prefiere), el sistema *no funciona sin ir siempre a más* (747), y de ahí el mantra. Si, como es previsible, desaparece la *expectativa racional* de beneficio futuro, concepto económico central desde los años 70 (748), los créditos con interés no podrían devolverse, y por tanto no se van a otorgar. Luego no podrá haber inversión, por muchos estímulos monetarios que se establezcan temporalmente, cortoplacistas por naturaleza y que llevan a que más dura sea la caída.

Con ello se derrumba el sistema financiero actual, llevándose por delante buena parte del pegamento invisible que nos hace a todos co-dependientes y dificultando además sobremanera la extracción de productos energéticos. Y hay muchas más cosas que se van por el desagüe.

Hace tiempo ya que no hay excusas. Pero ahora sabemos sin género de dudas que el paradigma en el que hemos crecido funcionaba *sólo* en la medida en que no hubiera límites de expansión, y pudiéramos además conseguir siempre la energía deseada para

movilizar lo que hiciera falta, y hacer así *que las cosas ocurrieran*. Cada año éramos capaces de disponer de cada vez más energía. Éramos pues cada vez más potentes – del latín potentĭa: "poder, fuerza" – para hacerle realizar a nuestra megamáquina cada vez más trabajos por unidad de tiempo. Todo ello en base a una racionalidad (económica, y promovida culturalmente) que responde al grito dominante de *más es mejor*. Sin preguntarnos en ningún momento cuánto era suficiente, cuándo no se podía ni se debía ir más allá.

La civilización industrial tuvo la *suerte* de encontrar este creciente horizonte de sucesos en la combustión acelerada de los materiales fósiles. Los límites no se habían superado, de modo que lo imaginado tenía muchas posibilidades de realizarse (y permanecer) – desde luego muchas más que lo que va a ser posible a partir de ahora. Los economistas clásicos quisieron convertir lo que era la *dismal science*[1] en algo divertido, y a fe que lo consiguieron. Pero tras la fiesta está llegando algo peor que una resaca monumental. Algo realmente mucho peor, para lo que no estamos preparados ni disponemos de herramientas filosóficas, ni éticas, y está por ver hasta qué punto nos sirven muchas de las materiales que hemos desarrollado hasta hoy.

Llegados hasta aquí, muchos nos damos cuenta casi súbitamente, horrorizados, de que hemos basado un sistema económico, y con él todo un sistema social y de relaciones y valores, en una *ciencia*, como la económica *mainstream*, manifiestamente deficiente. Que nos condiciona en gran manera sin haberle dado en ningún momento permiso consciente. Hasta el punto de que llamarle ciencia a esto es… muy poco riguroso. Barry Commoner ya advertía que el sistema sociotécnico en el que vivimos está mal diseñado; entiendo que lo dice como si fuera un error de ingeniería. Desde luego haber permitido la creación de una megamáquina que opera aceleradamente contra la vida en la Tierra no puede ser sino un gran, un magnífico error colectivo.

Tras el propio reconocimiento del hundimiento del edificio intelectual neoclásico por parte nada menos que del presidente de la Reserva Federal de los Estados Unidos cabría esperar una mayor modestia por parte de la profesión, que muchos agradeceríamos y valoraríamos. Los economistas responsables deben poner a trabajar inmediatamente sus conocimientos y su capacidad fuera del estricto marco vigente cuanto antes, y facilitar el desarrollo de las corrientes no ortodoxas, singularmente la *ecological economics*. Esto nos permitiría viajar a todos en el mismo barco, cosa que resulta ahora de todo punto ineludible. No queda tiempo, ni es la hora ya de disputas. Hay que ir todos a una.

¿Somos así?

El negacionismo climático, económico o de lo que sea, es una molestia que sólo es posible soportar desde la voluntad activa de convivencia presente, pero no desde la lógica de mejora ni de la convivencia o supervivencia futura. No sólo tiene influencia en el tiempo de reacción, llevándonos a la fatalidad por superación de los umbrales fatídicos. Es peor si cabe. También nos condiciona la propia reacción, como he sugerido que podría estar ocurriendo en el ejemplo del activismo clásico del bien común.

Pero lo más intolerable es que, encima, estos objetores de la realidad nos hagan creer que *los humanos somos así*. Si somos así es porque estamos así incentivados, no porque ninguna naturaleza humana sea especialmente mala y perversa. El comportamiento humano es muy dependiente de los estímulos y es por defecto mucho más gregario,

altruista y colaborativo de lo que cabría deducir del prototipo occidental actual. Son profundamente ofensivos los economistas cuando ventean en los medios que no hay alternativa, que no tenemos remedio porque somos muy egoístas y muy mala gente, que 'somos así'[2], hasta el punto de que muchos asumen el 'egoísmo y el espíritu de clan' como algo inmanente.

¡No es verdad! Y encima lo afirman con mayor insistencia precisamente quienes provocan este comportamiento, implícito en sus modelos, mediante su cosmovisión inducida que se autorreproduce. Nos la imponen a todos los demás sin apenas darnos cuenta, ni darse cuenta siquiera ellos del alcance letal de sus actos y recomendaciones. Creyendo que reflejan la realidad lo que hacen es diseñarla, construirla, normativizarla ex-ante, con un alcance cultural acumulativo mucho más extenso de lo que pueden sugerir las meras medidas puntuales de 'política económica'. Lo hacen sin preguntar, porque ellos dicen saber qué es lo que hay que hacer, cómo ser más eficientes. Sin preguntarse si ya tenemos bastante, ni interrogarse por el coste de esta eficiencia en otros términos que los de la utilidad subjetiva que otorga el dinero.

La mayoría de los (macro)economistas actuales serán vistos desde el futuro de forma análoga a cómo percibimos hoy a las brujas y a los inquisidores del Medioevo, pero con consecuencias mucho peores. El problema ha llegado a un punto de gravedad y peligro demasiado importante como para ser abandonado a la mera ideología (749).

Energía

Y es que la energía, económicamente, parece como si viniera detrás. Pero físicamente es simultánea, permitiendo la causalidad de los fenómenos de la *megamáquina* en todas sus generalidades y en todos sus detalles. Si el flujo de energía neta a disposición desciende, cosas que antes sucedían, o podían suceder, dejarán de ocurrir o de ser verosímiles.

Dese cuenta de lo que esto significa realmente. Algunas cosas pueden ocurrir de otra manera, otras de manera quizás más lenta. Pero muchas, simplemente, es que *no* pueden ocurrir, no van a ocurrir: el espacio de realidad se reduce, se reduce cada vez más, y más. En estas condiciones, una buena parte de lo imaginado, muchos desiderata de muchos, personas y organizaciones, que antes podrían considerarse verosímiles y realizables, simplemente dejan de serlo. Porque les va a faltar energía que las haga posibles.

Éste es el punto donde encuentro más dificultad de comprensión del fenómeno: con menor energía ocurren menos cosas. No es una cuestión económica, ni social. Las cosas dejan de ocurrir, sencillamente. Y algunas terriblemente.

Una forma de visualizarlo consiste en calcular cuántos *esclavos fósiles* (virtuales) tenemos cada uno de nosotros. Pues en 2009 eran del orden de 14, en promedio mundial. Cada uno de nosotros, en promedio, tiene alrededor de 14 esclavos fósiles a su disposición, medido en términos de CO_2 emitido[3] (750). El estadounidense medio cuenta con unos 100 esclavos (751). Si se reduce el número de esclavos, desde luego ocurrirán menos cosas. La productividad no es otra cosa que disponibilidad energética complementada con información orientada a un fin.

Con menos esclavos, menos sucesos, y así menos valor añadido, por mucho *desacoplo* que invoquen los economistas al uso.

Esto del desacoplo es como querer que los esclavos trabajen más dándoles menos de comer, y dando además por supuesto que a partir de hoy les daremos las instrucciones correctas que hasta ahora hemos evitado a pesar de nuestro desmedido afán por la eficiencia y el *surplus*. En su ética radicalmente antropocéntrica, obscenamente elitista, de lo que en realidad se han desacoplado es del entorno físico, del medio ambiente, de la naturaleza, ahora sí, incluidos la mayoría de seres humanos. Una vez desenganchados filosófica y emocionalmente del "otro", lo que le ocurra pasa a tener muy poca o ninguna relevancia, lo perdemos de vista, funcionamos como si no existiera (752). Como opción vital individual discutiríamos si es o no respetable, o hasta qué punto. Pero técnicamente es un suicidio, y socialmente resulta en un genocidio.

Filosofía

Así pues hemos basado la modernidad en una magnífica filosofía para nuevos ricos adolescentes – la herencia cultural y económica de la Ilustración – que contaba implícitamente, sin saberlo, con el crecimiento energético continuo. No contaba con la existencia de límites porque le molestaban y, cuando los advertía, rehuía la mirada. Así hasta hoy.

Cuando la energía disponible por unidad de tiempo y su evolución sea percibida como siempre descendiente a largo plazo por la población, como así va a ser a no mucho tardar, el mundo será, de pronto, muy distinto al actual (723,753). No es fácil cambiar los esquemas mentales de lo posible para adaptarlos a la nueva situación no transitoriamente menguante. No es lo mismo vivir aspirando a más habiendo camino por recorrer, con o sin *overshoot* añadido, que habitar un entorno de continuo achique del espacio de sucesos, posibilidades y oportunidades. Donde, por ejemplo, la posibilidad del *win-win*[4] como atractiva salida civilizada a los conflictos se reduce, se reduce siempre, en lugar de aumentar. Por ejemplo, cuando cesa el crecimiento deja de haber migajas para las no-élites, lo que devuelve una vez más la problemática de la igualdad y de la distribución de lo posible a una posición central del debate político.

Y es que cambiará hasta la filosofía: los pensadores modernos, los de la Ilustración, nuestros referentes, iconos de nuestra civilización, deberán ser profundamente revisados y cribados, y muchos serán (solo) historia dentro de poco tiempo. Historia de cuando podíamos acordar que ocurrieran más cosas. Volveremos de nuevo la vista hacia los clásicos, de quienes nunca debimos desconectarnos. La idea de progreso deberá ser revisada en profundidad, siempre con dolor. Algunos incluso hablan del final de la *religión del progreso* (754), una suerte de choque violento de las ilusiones de juventud contra el muro infranqueable de la realidad.

El decrecimiento no es ni una ideología ni una elección

Hemos visto a lo largo de estos textos que tanto para la gestión de los recursos del presente y del futuro de la forma más eficiente (y suficiente) posible, como para hacer la revolución si lo consideramos necesario, la dinámica de sistemas es una herramienta de gran poder persuasivo para quien se adentra en ella, y desde luego de gran utilidad. También para el adversario que, téngalo usted por seguro, ya la emplea.

Está (probablemente, esperemos) en nuestras manos elegir cuál de las trayectorias posibles tras la bifurcación, que corresponde al inicio del colapso (cima de la curva de LLDC que tenía lugar en 2015), acabamos de ejecutar finalmente. Pero mediante la dinámica de sistema tenemos el privilegio de irnos enterando de cuáles ***no*** pueden ser transitadas ya. Es imprescindible atender al principio de realidad, mucho más por cuanto no nos queda margen para el error. Es pues decisivo prever el próximo escenario por lo menos a grandes rasgos – y podemos hacerlo – para evaluar desde ahora mismo de qué marcos éticos nos dotamos de cara al futuro.

Si en verdad el capitalismo es imposible sin crecimiento del PIB a medio o largo plazo, y así parece ser, y el crecimiento en general pronto será una imposibilidad física, y así va a ser – o ya es, maquillajes aparte – dígame usted qué futuro tiene el capitalismo. Y qué opciones nos quedan. Si hasta ahora el establecimiento de prioridades era un criterio conveniente, cuando disminuye la energía, y con ello la cantidad de fenómenos que pueden suceder, incluida la propia supervivencia, las prioridades que establezca el nuevo marco normativo se convierten en el aspecto más crítico de la existencia.

El manifiesto Última Llamada, que sólo se puede calificar de ideológico si no se ha leído con atención – o desde la mala fe – afirma que tenemos muy poco tiempo para idear un nuevo sistema socioeconómico. Cinco años, *a lo sumo*. Esto podría ser así siempre que tengamos la suerte de que LLDC, y demás modelos, no acierten en sus previsiones cuantitativas acerca del presente y del futuro inmediato.

Y es que ser *decrecentista* no es una elección, ni un plato de buen gusto. Como espero haber demostrado a lo largo de estos textos el decrecimiento, incluso el colapso, es una realidad próxima, una conclusión inescapable, algo para lo que hay que ir preparándose desde ahora mismo. Individualmente, pero sobretodo colectivamente. Jorge Riechmann manifestó el pasado lunes en una abarrotada Aula Magna de la Universitat de València que 'el colapso es inevitable; sólo queda prepararse para el post-colapso'. Dijo también que la medida del éxito se establecerá en el futuro en términos de la magnitud del genocidio resultante.

Recuperar la ilustración perdida

Entretanto, hemos de volver a los orígenes de la Ilustración perdida cuanto antes mejor. Tal vez una nueva Revolución Francesa sería la mejor respuesta ilustrada. Ahí podríamos reencontrar la savia original que nunca debió perderse en el magma relativista de un postmodernismo degradante llevado al paroxismo. Para ello necesitaremos ahora mucha más gente frente a la Bastilla que quejándonos y descomprimiendo la indignación a través de las redes sociales o (sólo) en las urnas.

Estamos ahora ya en condiciones de hacer uso, por fin, del inmenso privilegio que atesoramos, como especie, por haber descubierto ya suficientes leyes de funcionamiento de la naturaleza gracias, entre (no muchas) otras cosas, a la disponibilidad temporal de gran cantidad de energía útil como condición necesaria. El conocimiento que hemos desarrollado y acumulado entretanto es inmenso, por mucho que requiera de cierta selección y cribado. Y es básicamente inmaterial – aunque requiera cierto soporte material para su adecuada conservación y difusión. ¿Vamos a despreciar esta nuestra mejor riqueza, nuestro mejor legado, nuestro único éxito duradero?

Tenemos pues frente a todos nosotros (¡no de nuestros nietos!) una de las perspectivas más inquietantes que quepa imaginar. Esperemos que no sea peor de lo que parece previsible[5].

Trabajemos por ello, cada uno en lo que pueda y crea ser mejor. Por mi parte sólo veo tres posibilidades de respuesta personal: negacionismo, nihilismo o activismo[6]. Yo he elegido firmar el manifiesto Última Llamada, unirme a ese grupo, y escribir estos textos para tenerle al corriente de mis averiguaciones y reflexiones.

Ahora es su turno. Por favor, haga usted su elección.

Índice de la serie y enlaces

Notas al pie

[1] Dismal science: 'ciencia lúgubre' o 'funesta', término acuñado por el historiador victoriano Thomas Carlyle en el siglo XIX (erróneamente atribuida a un comentario sobre Malthus)
[2] Se lo he oído decir más de una vez a Santiago Niño Becerra
[3] Cada uno de nosotros consumimos unos 90 kg de carbono al año
[4] Todos ganan
[5] Ugo Bardi se hacía también esta misma reflexión (755)
[6] Tomo esta idea del documento Nihilism, Fundamentalism, or Activism: Three Responses to Fears of the Apocalypse (756)

Agradecimientos

Distintas personas han hecho observaciones a un borrador de trabajo de estos textos que han permitido corregir algún error y sobretodo enriquecer el contenido global, si bien es importante destacar que la responsabilidad completa de las afirmaciones aquí contenidas es exclusivamente mía. Gracias Edmond Armisen, Florent Marcellesi, Margarita Mediavilla, Enric Molas, Pedro Prieto, Cristóbal Ramírez y Rosalía Rodríguez.

¿Hasta qué punto es inminente el colapso de la civilización actual? – Referencias

Índice de la serie

1. William S. Jevons (1865) – **The Coal Question** – Macmillan and Co – http://oilcrash.net/media/pdf/The_Coal_Question.pdf -
"It is wholly a confusion of ideas to suppose that the economical use of fuel is equivalent to a diminished consumption. The very contrary is the truth."

2. Samuel Alexander (2014) – **A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost** - Melbourne Sustainability Institute Working Paper – Post Carbon Pathways project – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/PostCarbonPathways_WP1_Alexander_Critique-of-Techno-Optimism_2014.pdf
   "Direct rebounds are estimated to range generally in the vicinity of 10-30% (Sorrell, 2009: 33), meaning that typically 10-30% of the expected environmental benefits of efficiency gains are lost to increased consumption of the same resource. In some circumstances, direct rebounds can be 75% or higher (Chakravarty et al, 2013). Indirect rebounds are somewhat harder to measure, but are generally thought to be higher than direct rebounds, and estimates of macro-economic rebound range from 15%-350% (Dimitropoulos, 2007). The huge range here again points to differences in methodological assumptions."
3. Jay W. Forrester (1971) – **Counterintuitive Behavior of Social Systems** – Technology Review – Massachusetts Institute of Technology – http://www.constitution.org/ps/cbss.pdf
   "Concepts of feedback system behavior apply sweepingly from physical systems through social systems. Feedback system ideas were first developed and applied to engineering systems. Understanding closed-loop (feedback) systems has now reached practical usefulness in social systems."
4. Karl J. Åström and P.R. Kumar (2014) – **Control: A perspective** – Automatica 50:3–43 doi:10.1016/j.automatica.2013.10.012 – Department of Automatic Control, Lund University; Department of Electrical & Computer Engineering – http://www.smp.uq.edu.au/people/YoniNazarathy/Control4406_2014/resources/AstromKumarControlPerspective2014.pdf
   "Control is a field whose progress has been punctuated by several key theoretical contributions. These have involved a variety of mathematical sub-disciplines, such as complex analysis, differential equations, probability theory, differential geometry, optimization and graph theory. As such, control is currently one of the most mathematized fields of engineering."
5. William Ross Ashby (1923) – **An Introduction to Cybernetics** – Literary Licensing, LLC – ISBN-13: 978-1258687335 – 304 Págs.
6. Norbert Wiener (1965) – **Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine** – The MIT Press – Massachusetts Institute of Technology – ISBN-13: 978-1432594442 – 196 Págs.
7. Jeffrey P. Severinghaus et al (1998) – **Timing of abrupt climate change at the end of the Younger Dryas interval from thermally fractionated gases in polar ice** – Nature 391:141-146 doi:10.1038/34346 – Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island – http://icebubbles.ucsd.edu/Publications/YoungerDryas.pdf – 5 autores
   "The climate change was synchronous (within a few decades) over a region of at least hemispheric extent, and providing constraints on previously proposed mechanisms of climate change at this time … during the Younger Dryas, the summit of Greenland was 15 – 38 C colder than today."
8. Andreu Mas-Colell et al (1995) – **Microeconomic Theory** – Oxford University Press – Harvard University – ISBN-13: 978-0195073409 – 1008 Págs. -
   "Un fet característic que diferencia l'economia d'altres àmbits científics és que … les equacions d'equilibri constitueixen el centre de la nostra disciplina. Altres ciències, com la física o fins i tot l'ecologia, posen comparativament més èmfasi

en la determinació de les lleis dinàmiques del canvi. Però aquí, fins ara, gairebé no hem esmentat la dinàmica.”

9. J. Åström (1999) – **Automatic Control: The Hidden Technology** – Advances in Control 1-28 doi:10.1007/978-1-4471-0853-5_1 – Lund Institute of Technology – http://math.haifa.ac.il/robotics/UBC/Meech%20course/Aastrom%20%20Karl/Introduction%20to%20Control/lecture17.pdf
   “Windmills 1787, Steam engines 1788, Governors 1890, Water turbines 1893, Tolle Die Regelung der Kraftmaschinen 1905, PID controllers 1930”
10. J. Åström (2004) – **Control Engineering: the Hidden Technology** – DCSC Symposium, 08/06/2004 – University of California at Santa Barbara + Lund Institute of Technology – http://www.dcsc.tudelft.nl/Symposium/SlidesAstrom.pdf
    “Body and Soul · Intellectual challenges (the soul) Basics that it generalizes easily Give the general picture Make the introductory course more relevant and fun! · The engineering aspect (the body) Educate students broadly enough so that they can take full systems responsibility ”
11. Alexander Laszlo and and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
    “The method proposed by systems theory is to model complex entities created by the multiple interaction of components by abstracting from certain details of structure and component, and concentrating on the dynamics that define the characteristic functions, properties, and relationships that are internal or external to the system. ”
12. Alexander Laszlo and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
    “The principal heuristic innovation of the systems approach is what may be called ‘reduction to dynamics’ as contrasted with ‘reduction to components,’ as practiced in the methodologies of classical science … Yet almost every real-world system contains a large number of components and is exposed to a large number of external forces and events. In consequence, another heuristic became necessary, capable of simplifying unmanageably complex phenomena by reduction to dynamics instead of to components.”
13. Donella H. Meadows et al (1972) – **The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome’s Project for the Predicament of Mankind** – Universe Books New York – Massachusetts Institute of Technology – http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf – 4 autores
    “Much of each year’s output is consumable goods, such as textiles, automobiles, and houses, that leave the industrial system. But some fraction of the production is more capital—looms, steel mills, lathes—which is an investment to increase the capital stock. Here we have another feedback loop [in addition to population growth]. More capital creates more output, some variable fraction of the output

is investment, and more investment means more capital. The new, larger capital stock generates even more output, and so on."

14. Jeroen C. J. M. van den Bergh and John M. Gowdy (2003) – **The microfoundations of macroeconomics: an evolutionary perspective** – Cambridge Journal of Economics 27: 65-84 doi: 10.1093/cje/27.1.65 – Department of Spatial Economics, Free University + Department of Economics, School of Humanities & Social Sciences, Rensselaer Polytechnic Institute – http://dare.ubvu.vu.nl/bitstream/handle/1871/9394/00021.pdf
"The opposition of reductionism and holism is of little use and, in its place, a hierarchical approach is proposed. This allows for both upward and downward causation and interaction between levels."
15. Jeffrey Goldstein (2013) – Introduction to "**Downward causation in hierarchically organized biological systems**", from Donald Campbell (1974) – E:CO 15:139-151 – https://emergentpublications.com/(X(1)S(zdtfrhog1a21ext1kda4kvnx))/ECO/ECO_other/Issue_15_3_8_CP.pdf
"But we can appreciate that even in such a simple way of stating it, the notion of downward causation carries with quite a bevy of problematic issues. What do "higher" and "lower" levels refer to? What constitutes a substrate in contrast to a macro-phenomenon? What does "downwards" in this sense mean? What constitutes a "causal influence"? Furthermore, it is possible to hold the position of accepting at least some form of emergence but not downward causation or only accepting downward causation if the "causative" action is limited to being the work of some kinds of constraints or of dumping the whole notion of emergence if downward causation is legitimated by it or if the whole idea is interpreted as only figurative and not literal. "
16. Lars Syll (2013) – **Economics textbooks – how to get away with scientific fraud** – Real-World Economics Review Blog, 29/11/2013 – http://rwer.wordpress.com/2013/11/29/economics-textbooks-how-to-get-away-with-scientific-fraud/
"As is well-known, Keynes used to criticize the more traditional economics for making the fallacy of composition, which basically consists of the false belief that the whole is nothing but the sum of its parts … Although it may be said that one succeeds in establishing The Law for single individuals it soon turned out – in the Sonnenschein-Mantel-Debreu theorem firmly established already in 1976 – that it wasn't possible to extend The Law of Demand to apply on the market level, unless one made ridiculously unrealistic assumptions such as individuals all having homothetic preferences – which actually implies that all individuals have identical preferences."
17. Donald Saari (1995) – **Mathematical complexity of simple economics** – Notices of the American Mathematical Society 42:222-230 – Department of Mathematics, Northwestern University – http://cema.cufe.edu.cn/admin/data/uploadfile/200907/20090720082740710.pdf
"Actually, the source of the difficulty— which is common across the social sciences— is that the social sciences are based on aggregation procedures. But, even simple aggregation methods, from probability, statistics, and even voting, admit surprisingly complex paradoxes."
18. John O'Neill (2004) – **Ecological economics and the politics of knowledge: the debate between Hayek and Neurath** – Cambridge Journal of Economics 28:431-447 doi:10.1093/cje/beh016 – Centre of Philosophy, Institute for

Environment, Philosophy and Public Policy, Lancaster University
"Neurath responded to these criticisms in unpublished notes and correspondence with Hayek. These highlighted the epistemological premises his work shared with Hayek's, representing a response to Hayek from Hayek's own assumptions. This paper examines the cogency and continuing relevance of the arguments in this debate."

19. George A. Reisch (2005) – **How the Cold War Transformed the Philosophy of Science** – Cambridge University Press – Independent scholar
20. Wiki – **Talcott Parsons** – Wikipedia, 14/09/2014 – https://en.wikipedia.org/wiki/Talcott_Parsons
"During the McCarthy era, on April 1, 1952, J. Edgar Hoover received a personal letter from an informant who reported on Communist activities at Harvard. During a later interview the informant claimed that "Professor Talcott Parsons … was probably the leader of an inner group" of Communist sympathizers at Harvard … In the affidavit Parsons wrote, 'This allegation is so preposterous that I cannot understand how any reasonable person could come to the conclusion that I was a member of the Communist Party or ever had been.'[ref] "
21. Edward Osborne Wilson (1998) – **Consilience: The Unity of Knowledge** – Vintage – Harvard University – ISBN-13: 978-0679768678 – 384 Págs.
"The descent to minutissima, the search for ultimate smallness in entities such as electrons, is a driving impulse of Western natural science. It is a kind of instinct. Human beings are obsessed with building blocks, for ever pulling them apart and putting them back together again …The impulse goes back as far as 400 BC when Leucippus and Democritus speculated, correctly as it turned out, that matter is made of atoms."
22. Richard Dawkins – **El gen egoista** – Bruño Editores – ISBN-13: 978-8434501782 – 424 Págs
23. Mary Midgley (2003) – **Myths We Live By** – Routlegde New York – Department of Religious Studies at Mount Allison University – http://shawnslayton.com/open/iPAD/Book%20myths-we-live-by.pdf
"Standards are now set that concentrate on form, not on suitability to the subject-matter. This makes it necessary to use methods which closely imitate the forms of physical science. And among those forms, a prime favourite is, of course, atomism. This, then, is the principle that requires us, if we want to understand culture, somehow to find its units. But is culture the sort of thing that divides up into units? Edward O. Wilson sternly declares that it is."
24. Emilio Cerdá (2007) **- Donella Meadows, Jorgen Randers y Dennis Meadows: Los límites del crecimiento 30 años después** – Fundación Sistema – Universidad Complutense de Madrid – http://www.fundacionsistema.com/media/PDF/PPios9_Meadows.pdf
"Se considera a Jay W. Forrester el padre de la disciplina, a partir del libro Industrial Dynamics (1961). El mismo Forrester, maestro de los autores del libro que nos ocupa, diseñó el prototipo de modelo de ordenador que se ha utilizado en la investigación que está en la base del libro que nos ocupa."
25. Ramón Tamames (2006) – **Sobre crecimiento, humanidad y futuro** – Universidad Complutense de Madrid – http://www.uam.es/otros/fungobe/doc/lecciones2Tamames.pdf
"En la misma línea de tendencia de Gaia, cabe recordar, que fue Jay Forrester

quien preconizó algo parecido, aunque menos poéticamente y con carácter menos holista, al enunciar su teoría de sistemas.”
26. Jay W Forrester (1958) – **Industrial Dynamics: A Major Breakthrough for Decision Makers** - Harvard Business Review 26:37–66 doi:10.1225/58404 – Massachusetts Institute of Technology – https://www.scribd.com/doc/158721742/Industrial-Dynamics-A-Major-Breakthrough-for-Decision-Makers
“The new management concepts will rest in part on recent advances in the data-processing industry, in part on military research (which has given us an improved understanding of decision making and experience in analyzing and simulating the characteristics of complex systems), and largely on 20 years of research in information- feedback systems. ”
27. Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi (2014) – **The Systems View of Life: A Unifying Vision** – Cambridge University Press – Center for Ecoliteracy, Berkeley – ISBN-13: 978-1107011366 – 978 Págs.
“Ludwig von Bertalanffy (1901-1972) began his career as a biologist in Vienna during the 1920s. He soon joined a group of scientists and philosophers, known internationally as the ‘Vienna Circle’, and his work included broader philosophical themes from the beginning.” (p. 86)
28. Ludwig von Bertalanffy (1938) – **A Quantitative Theory of Organic Growth** – Human Biology 10:181-213 – Zoologisches Institut der Universität Wien + The University of Chicago
“Various examples in physics and physiology … show that it is often possible to state statistical laws for complex phenomena as a whole, the single events of which are inaccessible to investigation. It may be that such procedures will be effective also with respect to organic growth.”
29. Mark Davidson (1983) – **Uncommon Sense: The Life and Thought of Ludwig von Bertalanffy (1901-1972), Father of General Systems Theory** – J. P. Tarcher, Inc. – ISBN-13: 978-0874771657 – 248 Págs.
“Biologist/philosopher Ludwig von Bertalanffy may be the least known major thinker and theoretician of the twentieth century. Bertalanffy left behind a precious legacy: a new way of “seeing” and thinking that he called General Systems Theory. GST shows us how to understand organic and organizational complexities and is a guide for effectively bringing about change.”
30. Alexander Bogdanov (1922) – **Tektologiya: Vseobschaya Organizatsionnaya Nauka** – Berlin and Petrograd-Moscow
31. Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi (2014) – **The Systems View of Life: A Unifying Vision** – Cambridge University Press – Center for Ecoliteracy, Berkeley – ISBN-13: 978-1107011366 – 978 Págs.
“However, tewnty to thirty years before Bertalanffy published the first papers on his ‘general systems theory’, Alexander Bogdanov (1873-1928), a Russian medical researcher, philosopher, and economist, developed a systems theory of equal sophistication and scope … Bogdanov even anticipated the concept of catastrophe developed in the 1960s by the French mathematician René Thom.” (p. 84,85)
32. Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi (2014) – **The Systems View of Life: A Unifying Vision** – Cambridge University Press – Center for Ecoliteracy, Berkeley – ISBN-13: 978-1107011366 – 978 Págs.
“Mathematically, bifurcation points mark sudden changes in the system’s phase

portrait. Physically, they correspond to points of instability at which the system changes abruptly and new forms of order suddenly appear." (p. 116)

33. Chris Bisell (2010) – **Not just Norbert** – Kybernetes 39:496–509 doi:10.1108/03684921011036754 – Department of Communication and Systems, The Open University Milton Keynes, UK – http://oro.open.ac.uk/21350/1/not_just_norbert.pdf
"Although Norbert Wiener is justifiably granted the epithet 'father of cybernetics', a number of other engineers from a control or telecommunications background also turned to areas that can broadly be categorised as cybernetic during and immediately after WW2."
34. Arnold Tustin (1954) – **The Mechanisms of Economic Systems – An Approach to the Problems of Economic Stabilisation from the Point of View of Control-System Engineering** – Heinemann, London – Department of Electrical Engineering, University of Birmingham + Imperial College London – 173 Págs. -
35. G.D. Allen (1955) – **The Engineer's Approach to Economic Models** – Economica 22:158-168 – London School of Economics
"To put the matter more bluntly, a social system implies that people act partly as cogs in a social and economic machine. People play their roles while driven by pressures from the whole system. Accepting the dominance of social systems over individuals is contrary to our cherished illusion that people freely make their own decisions."
36. Kenneth E. Boulding (1956) – **General systems theory: The skeleton of science** – Management Science 2:197-208 – University of Michigan – http://www.panarchy.org/boulding/systems.1956.html
"(i) The first level is that of the static structure. It might be called the level of frameworks. … (ii) The next level of systematic analysis is that of the simple dynamic system with predetermined, necessary motions. … (iii) The next level is that of the control mechanism or cybernetic system, which might be nicknamed the level of the thermostat. … (iv) The fourth level is that of the "open system," or self-maintaining structure. … (v) The fifth level might be called the genetic-societal level; it is typified by the plant, and it dominates the empirical world of the botanist. … (vi) As we move upward from the plant world towards the animal kingdom we gradually pass over into a new level, the "animal" level, characterized by increased mobility, teleological behavior and self-awareness. … (vii) The next level is the "human" level, that is of the individual human being considered as a system … (viii) Because of the vital importance for the individual man of symbolic images and behavior based on them it is not easy to separate clearly the level of the individual human organism from the next level, that of social organizations." … (ix) To complete the structure of systems we should add a final turret for transcendental systems; even if we may be accused at this point of having built Babel to the clouds. … One advantage of exhibiting a hierarchy of systems in this way is that it gives us some idea of the present gaps in both theoretical and empirical knowledge.
37. Ignacio Rodríguez Rodríguez (2012) – **La "Nave Espacial Tierra" de Kenneth Boulding** – Revista de Economía Crítica 14:320-326 – Departamento de Ciencias Sociales, Universidad de La Frontera, Chile – http://revistaeconomiacritica.org/sites/default/files/revistas/n14/Clasicos2-Ignacio.pdf
"En resumen, Kenneth Boulding fue un economista crítico con las ideas

dominantes en su disciplina, que entendió perfectamente la interdependencia que existe entre los sistemas naturales y los sistemas sociales y no tuvo reparos en denunciar la irracionalidad del Sistema de Contabilidad Nacional, que privilegia los flujos frente a los stocks, y los principales indicadores de medición del éxito de las economías que ignoran la imposibilidad de un crecimiento económico indefinido en un planeta finito. "

38. Herman Daly – **Eight Fallacies about Growth** – The Daly News, 06/08/2012 – http://steadystate.org/eight-fallacies-about-growth/
"Globalization was a policy choice of our elites, not an imposed necessity. Free trade agreements had to be negotiated. Who negotiated and signed the treaties? Who has pushed for free capital mobility and signed on to the World Trade Organization? Who wants to enforce trade-related intellectual property rights with trade sanctions? The Bretton Woods system was a major achievement aimed at facilitating international trade after WWII. It fostered trade for mutual advantage among separate countries. Free capital mobility and global integration were not part of the deal. That came with the WTO and the effective abandonment by the World Bank and IMF of their Bretton Woods charter."
39. Ragnar Frisch (1933) – **Propagation Problems and Impulse Problems in Dynamic Economics** – En: Economic essays in honour of Gustav Cassel – University of Oslo – http://www.sv.uio.no/econ/om/tall-og-fakta/nobelprisvinnere/ragnar-frisch/published-scientific-work/PPIP%5B1%5D.pdf
"If a cyclical variation is analysed from the point of view of a free oscillation, we have to distinguish between two fundamental problems: first, the propagation problem; second, the impulse problem. "
40. T. Newlyn (1950) – **The Phillips/Newlyn Hydraulic Model** – Yorkshire Bulletin of Economic and Social Research 2:111-127 doi:10.1111/j.1467-8586.1950.tb00370.x – The University, Leeds
41. Chris Bissell (2007) – **The Moniac: A Hydromechanical Analog Computer of the 1950s** – IEEE Control Systems Magazine 27:59–64 doi:10.1109/MCS.2007.284511 – http://oro.open.ac.uk/7942/1/04064850.pdf
"Those who used the machine or observed it in action made comments similar to remarks made by the users of other analog simulators of the period. For example, users were enthusiastic about the way the device gave a "feel" for economic behavior, presented visual (rather than numerical) results, and was accessible without explicit advanced mathematics … A demonstration that took place at the LSE in November 1949 before a distinguished audience of economists was a great success."
42. Mary S. Morgan (2012) – **The World in the Model: How Economists Work and Think** – Cambridge University Press – Professor of history and philosophy of economics at London School of Economics and Political Science – ISBN 9781107002975 – 439 Págs. -
"In 1928, Newlyn joined the Territorial Army … became proficient in electrical engineering … Philips work[ed] on dynamics and the use of control theory in economic analysis and policy, for which he gained the Tooke Chair in 1958 … Philips rethinks economics into his own engineering domain to make sense of it." (p, 186,191)
43. Steve Keen (2009) – The Dynamics of the Monetary Circuit – Palgrave Macmillan – School of Economics & Finance, University of Western Sydney – http://keenomics.s3.amazonaws.com/debtdeflation_media/papers/9780230_2033

72_10_cha09.pdf
"In this chapter, we show that this paradox is in fact an illusion, which results mainly fromthe use of inappropiate moldelling techniques – and also, we argue, from a misspecification of the problem of debt."

44. Gregory Bateson (1972) – **Steps to an Ecology of Mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology** – University of Chicago Press – ISBN-13: 978-0226039053 – 565 Págs.
45. Gregory Bateson (1979) – **Mind and nature: A necessary unity** – Dutton – ISBN-13: 978-0525155904 – 238 Págs. – http://www.oikos.org/mind&nature.htm -
46. Geoff Davies (2013) – **Sack the Economists and Disband Their Departments** – BWM Books – ISBN-13: 978-0992360368 – 252 Págs. – http://sacktheeconomists.com/
"Mainstream economics has multiple fundamental flaws that cause great harm to people's lives, to societies and to the planet. This book concisely and simply explains the flaws, and uses modern knowledge and systems ideas to show how market economies can be more sensibly managed to deliver a healthy and more equitable world."
47. Regulador de Watt
48. L. Lewis (1992) – **A Brief History of Feedback Control** – En: Chapter 1: Introduction to Modern Control Theory in: F.L. Lewis Applied Optimal Control and Estimation Prentice-Hall 1992. – http://www.uta.edu/utari/acs/history.htm
"J. Watt invented his steam engine in 1769, and this date marks the accepted beginning of the Industrial Revolution. However, the roots of the Industrial Revolution can be traced back to the 1600's or earlier with the development of grain mills and the furnace. One should be aware that others, primarily T. Newcomen in 1712, built the first steam engines. However, the early steam engines were inefficient and regulated by hand, making them less suited to industrial use. It is extremely important to realize that the Industrial Revolution did not start until the invention of improved engines and automatic control systems to regulate them."
49. Regulador de martillos
50. Karl J. Åström and P.R. Kumar (2014) – **Control: A perspective** – Automatica 50:3–43 doi:10.1016/j.automatica.2013.10.012 – Department of Automatic Control, Lund University; Department of Electrical & Computer Engineering – http://www.smp.uq.edu.au/people/YoniNazarathy/Control4406_2014/resources/AstromKumarControlPerspective2014.pdf
"The gradual evolution over several decades from an application of feedback to a broad and deep theoretical framework for its analysis and design can be clearly seen in the case of the centrifugal governor. Used early on in windmills in 1745 Mayr (1969), and subsequently by Watt in steam engines in the 1780s, it was originally a proportional controller, with integral and derivative action subsequently added (Bennett, 1979). About a century later, Vyshnegradskii (1876) and Maxwell (1868) initiated a theoretical investigation. This led to the work of Hurwitz (1895) and Routh (1877) on stability analysis."
51. James Clerck Maxwell (1868) – **On Governors** – Proceedings of the Royal Society of London 16:270-283 – http://www.maths.ed.ac.uk/~aar/papers/maxwell1.pdf
52. Rob Hopkins – **Resilience Thinking** – Resurgence, 01/11/2009 – Green Agenda for the Copenhagen Summit – http://transitionculture.org/

"Resilience; 'the capacity of a system to absorb disturbance and reorganise while undergoing change, so as to retain essentially the same function, structure, identity and feedbacks' … Why 'resilience thinking' is a crucial missing piece of the climate-change jigsaw and why resilience is a more useful concept than sustainability."

53. Inge Røpke (2004) – **The early history of modern ecological economics** – Ecological Economics 50:293-314 doi:10.1016/j.ecolecon.2004.02.012 – Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark – http://www.uvm.edu:8889/~gundiee/publications/Ropke_2004.pdf
"The 1970s and the beginning of the 1980s saw a new wave of interest in general systems theory. This was stimulated by the work of the physicist Ilya Prigogine and his research group in Belgium who introduced the concept of self-organizing, dissipative structures [refs]. Whereas classical thermodynamics focussed on equilibria in 'isolated' systems, Prigogine and others studied systems that are closed with regard to matter, but receive and give off energy. Such systems can be far from equilibrium, the processes taking place can be irreversible, and new structures can emerge— dissipative structures that are dependent upon continuous supply and the giving off of energy. The processes can be analysed by using the mathematics related to non-linear dynamics that was integrated with systems theory in the 1960s. With a basis in the new thermodynamic perspective, some physicists began to study biological evolution and the emergence of life on earth, extending the overlap between physics and biology. "
54. Eric D. Schneider y Oriol Sagan (2005) – **La Termodinámica de la Vida** – Tusquets Editores – National Oceanic and Atmospheric Adminsitration – ISBN-13: 978-84-8383-052-9 – 438 Págs.
"La eternidad se retiró precipitadamente a la imaginación matemática de la que había salido. Adiós al cosmos que funcionaba como un reloj. Progresivo y regresivo, el mundo estaba ahora dividido por una autopista de tiempo. Le tocaría a una nueva termodinámica, la del no equilibrio, tomar un helicóptero para contemplar los dos sentidos del tráfico y presentar la evolución y la termodinámica como elementos de una misma corriente."
55. John L.R. Proops (1983) – **Organisation and dissipation in economic systems** – Journal of Social and Biological Structures 6:353-366 – Department of Economics, University of Keele
"It is argued that if a physical viewpoint is taken, economies can be considered as self-organizing dissipative systems. Measures of organization and dissipation are proposed and empirical analysis indicates that organization and energy dissipation increase together for economic systems, and there is weaker evidence that energy 'efficiency' also increases with organization."
56. Brian Arthur (1999) – **Complexity and the Economy** – Science 284:107-109 doi:10.1126/science.284.5411.107 – Citibank Professor, Santa Fe Institute – http://erb.umich.edu/Research/ColloquiaDocs/StermanClimaticChange2011.pdf
"After two centuries of studying equilibria—static patterns that call for no further behavioral adjustments—economists are beginning to study the general emergence of structures and the unfolding of patterns in the economy. When viewed in out-of-equilibrium formation, economic patterns sometimes simplify into the simple static equilibria of standard economics."

57. Michael J. Radzicki (2011) – **System Dynamics and Its Contribution to Economics and Economic Modeling** – Complex Systems in Finance and Econometrics 2011:727-737 doi:10.1007/978-1-4419-7701-4_39 – Worcester Polytechnic Institute – http://ebooks.narotama.ac.id/files/Complex%20Systems%20in%20Finance%20and%20Econometrics/Chapter%2039%20%20System%20Dynamics%20and%20Its%20Contribution%20to%20Economics%20and%20Economic%20Modeling.pdf
"Senge and Fiddaman's contributions are also very interesting because they demonstrate how the original economic models are special cases of their more general system dynamics formulations."
58. Robert E. Ulanowicz et al (2009) – **Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory** – Ecological Complexity 6:27-36 – University of Maryland Center for Environmental Science, Chesapeake Biological Laboratory; Integral Science Institute; Center for Sustainable Resources, University of California; School of Computer Science, University of Birmingham
"Contemporary science is preoccupied with that which exists; it rarely accounts for what is missing. But often the key to a system's persistence lies with information concerning lacunae … The analysis provides heretofore missing theoretical justification for efforts to preserve biodiversity whenever systems have become too streamlined and efficient. Similar considerations should apply as well to economic systems, where fostering diversity among economic processes and currencies appears warranted in the face of over-development."
59. Mahesh Karnani et al (2009) – **The physical character of information** – Proceedings of the Royal society A 465:2155-2175 doi:10.1098/rspa.2009.0063 – Department of Biosciences, University of Helsinki – 3 autores
"Consequently, we reason, on the basis of the theory of evolution by natural selection founded on thermodynamics, that ultimately all communication aims to enhance energy transduction to level differences among energy densities."
60. Peter A. Corning (2002) – **'Devolution' as an opportunity to test the 'synergism hypothesis' and a cybernetic theory of political systems** – Systems Research and Behavioral Science 19:3-26 doi:10.1002/sres.421 – Institute for the Study of Complex Systems
"The term 'synergy' refers to otherwise unattainable combined effects that are produced by the interactions among various elements, parts or individuals"
61. Daniel Stedman Jones (2012) – Masters of the Universe: Hayek, Friedman, and the Birth of Neoliberal Politics – Princeton University Press – ISBN-13: 978-0691151571 – 432 Págs.
62. Philip Mirowski and Dieter Plehwe (2009) – **The Road from Mont Pelerin: The Making of the Neoliberal Thought Collective** – Harvard University Press – University of Notre Dame – Págs. -
"Much like welfare state capitalism during the postwar era of Fordism, hegemonic neoliberalism needs to be thought as a plural in terms of both political philosophy and political practice."
63. David Korowicz (2010) – **Tipping Point: Near-Term Systemic Implications of a Peak in Global Oil Production An Outline Review** – The Oil Drum, 15/03/2010 – Feasta & The Risk/Resilience Network – http://www.theoildrum.com/files/Tipping%20Point.pdf
"The rules governing energy and its transformation, the laws of

thermodynamics, are the inviolate framework through which all things happen- the evolution of the universe, the direction of time, life on earth, human development, the evolution of civilisation, and economic processes … We should intuit that an energy withdrawal should have major systemic implications, for without energy flows nothing happens."

64. Cutler J. Cleveland (1999) – **Biophysical Economics: From Physiocracy to Ecological Economics and Industrial Ecology** – En: Bioeconomics and Sustainability: Essays in Honor of Nicholas Gerogescu-Roegen – J. Gowdy and K. Mayumi Eds. -(Edward Elgar Publishing Cheltenham England) pp. 125-154 – Department of Geography and Center for Energy and Environmental Studies, Boston University – http://www.localenergy.org/pdfs/Document Library/BiophysicalEcon.pdf
"Podolinsky (1883), a Ukrainian socialist, was the first to explicitly scrutinize the economic process from a thermodynamic perspective [ref] … Podolinsky tried to reconcile the labor theory of value with a thermodynamic analysis of the economic process. In his conclusions, which he communicated to Frederick Engels on several occasions, Podolinsky stated the socialist model was flawed because it assumed that "scientific socialism" would overcome all natural - resource scarcities and enable unlimited material expansion."
65. Joel Kovel (2011) – **On Marx and Ecology** – Capitalism Nature Socialism 22:4-17 doi:10.1080/10455752.2010.547667 – Editor-In-Chief of Capitalism, Nature, Socialism
"In any case, neither Marx nor by and large the socialist traditions that followed were able to do more than partially transcend the curse of capital as it pressed toward unlimited production on a finite earth. "
66. Marx – El Capital vol. II
67. Joan Martinez-Alier (2003) – **Marxism, Social Metabolism and Ecologically Unequal Exchange** – World Systems Theory and the Environment – Departament d'Economia i d'Història Econòmica, Universitat Autonoma de Barcelona – http://www.recercat.net/bitstream/2072/1194/1/UHE21-2004.pdf
"Actually, Marx dismissed the notion of decreasing returns in agriculture altogether, pointing out in the context of his praise for Liebig's agricultural chemistry and its promise of artificial fertilizers, that it did not make sense to assume in Britain that the produce of the land would increase in a diminishing ratio to the increase of the labourers employed, because in practice there was at the time both an increase in production and an absolute decrease (already) in the number of labourers (Capital, I, chapter 13). Marx was not worried about crises of subsistances."
68. Frederick Soddy (1926) – **Wealth, Virtual Wealth and Debt** – Noontide Pr, 1987 – Universiy of Michigan – ISBN-13: 978-0317532180 – 320 Págs. – http://www.scribd.com/doc/76495347/Wealth-Virtual-Wealth-and-Debt-by-Frederick-Soddy
"Debts are subject to the laws of mathematics rather than physics. Unlike wealth, which is subject to the laws of thermodynamics, debts do not rot with old age. On the contrary, they grow at so much per annum, by the well known mathematical laws of simple and compound interest" (p. 70).
69. Frederick Gardner Cottrell (1953) – **Energy and Society: the Relation Between Energy, Social Change, and Economic Development** - McGraw Hill – Miami (Ohio) University – ISBN-13: 978-1449031695 – 484 Págs.
"if you want this, here are the conditions under which you may have it … It will

only be when we get a response from nature, in the form of greatly diminished return in the form of surplus energy, that we can expect the present [industrial] revolution to slow down.”

70. Nicholas Georgescu-Roegen (1971) – **The Entropy Law and the Economic Process** – Harvard University Press – ISBN: 1-58348-600-3 – 457 Págs.
“Perhaps the earth can support even forty-five billion people, but certainly not ad infinitum. We should therefore ask “how long can the earth maintain a population of forty-five billion people?” And if the answer is, say, one thousand years, we still have to ask “what will happen thereafter?”.”
71. Crelis F. Rammelt and Phillip Crisp (2014) – **A systems and thermodynamics perspective on technology in the circular economy** – Real-World Economics Review 68:25-40 – University of New South Wales; University of Amsterdam + EcoSolve, Australia –
http://www.paecon.net/PAEReview/issue68/RammeltCrisp68.pdf
“System dynamics and thermodynamics tell us that a tolerable rate of throughput and entropic transformation is ultimately dictated by the natural system, not by economics or engineering.”
72. Frank P. Ramsey (1928) – **A mathematical theory of saving** – The Economic Journal 38:543-559 – King’s College, Cambridge –
http://folk.uio.no/gasheim/zRam1928.pdf -
“How much of its income should a nation save? … One point should perhaps be emphasized more particularly: it is assumed that we do not discount later enjoyments in comparison with earlier ones, a practice which is ethically indefensible and arises merely from the weakness of imagination; we shall however, include … such a rate of discount in some of our investigations.”
73. Robert U. Ayres and Benjamin Warr (2009) – **The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity** – Edward Elgar Publishing – IIASA Laxenburg + INSEAD Fontainebleau; Center for the Management of Environmental Resources (CMER), INSEAD – ISBN-13: 978-1848441828 – 448 Págs.
“Note that the Ramsey model is a perpetual motion machine.” (p. 143)
74. Robert U. Ayres (1996) – **Limits to the growth paradigm** – Ecological Economics 117-134 doi:10.1016/0921-8009(96)00064-X – INSEAD Fontainebleau
“It is simply wrong to suggest (or imagine) that economic development is a natural process that will occur anywhere in the world, if we only allow businessmen enough freedom to move money and goods around.”
75. Jordi Pigem (2013) **- La nova realitat: De l’economicisme a la consciència quàntica** – Editorial Kairós – Doctor en Filosofia – ISBN: 978-84-9988-230-7 – 226 Págs

“No som espectadors d’un món d’objectes, sino coautors i cocreadors d’un món de relacions.” (p. 117)

76. Lars Syll – **Modern macroeconomics and the perils of using ‘Mickey Mouse’ models** – Real-World Economics Review Blog, 15/10/2014 –
http://rwer.wordpress.com/2014/10/15/modern-macroeconomics-and-the-perils-of-using-mickey-mouse-models/
“Blanchard’s piece is a confirmation of what I argued in my paper Capturing causality in economics and the limits of statistical inference – since “modern”

macroeconom(etr)ics doesn't content itself with only making "optimal" predictions," but also aspires to explain things in terms of causes and effects, macroeconomists and econometricians need loads of assumptions — and one of the more important of these is linearity."

77. Olivier Blanchard (2014) – **Where Danger Lurks** – Finance & Development – IMF's Economic Counsellor and head of its Research Department – http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2014/09/pdf/blanchard.pdf
"But this answer skirts a harder question: How should we modify our benchmark models—the so-called dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models that we use, for example, at the IMF to think about alternative scenarios and to quantify the effects of policy decisions? … should these models be able to describe how the economy behaves in the dark corners? "
78. Peter A. Corning (2007) – **Thermoeconomics: Beyond the Second Law** – Journal of Bioeconomics (in press) – Institute for the Study of Complex Systems – http://www.complexsystems.org/publications/pdf/thermoecon.pdf
"In brief, many of these Second Law theorists seriously misinterpret and thus misuse the concept of entropy; others utilize deficient concepts of "information" that cannot be operationalized; many blur the crucial distinction between statistical or structural forms of "order", on the one hand, and evolved, goal-directed functional "organization"; not least, they have been misled by some of the very "gods" of physics into conflating energetic order/disorder and physical order, which in many cases is not correct (see below)."
79. Robert M. Solow (1974) – **The Economics of Resources or the Resources of Economics** – The American Economic Review 74:1-14 – Massachusetts Institute of Technology – http://nordhaus.econ.yale.edu/documents/Solow_Resources.pdf
"…the world can, in effect, get along without natural resources, so exhaustion is just an event, not a catastrophe… at some finite cost, production can be freed of dependence on exhaustible resources altogether."
80. David Wallace (2014) – **Thermodynamics as Control Theory** – Entropy 16:699-725 doi:10.3390/e16020699 – Balliol College, Oxford
"There is a general name for the study of how a system can be manipulated through external intervention: Control theory. Here again a system is characterised by its possible states, but instead of a dynamics being specified once and for all, a range of possible control actions is given. The name of the game is to investigate, for a given set of possible control actions, the extent to which the system can be controlled."
81. Dirk Helbing (2013) – **Globally networked risks and how to respond** – Nature 497:51–59 doi:10.1038/nature12047 Risk Center, ETH Zurich, Swiss Federal Institute of Technology – http://www.uvm.edu/~cdanfort/csc-reading-group/helbing-nature-2013.pdf
"Table 1 lists common drivers of systemic instabilities [ref], and what makes the corresponding system behaviours difficult to understand … Such drivers are, for example: (1) increasing system sizes, (2) reduced redundancies due to attempts to save resources (implying a loss of safety margins), (3) denser networks (creating increasing interdependencies between critical parts of the network, see Figs 2 and 4), and (4) a high pace of innovation35 (producing uncertainties or 'unknown unknowns'). Could these developments create a ''global time bomb''? (See Box 3.) "

82. Carlos de Castro Carranza – **¿Lograremos evitar el colapso ecológico-social?** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 21/09/2014 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2224
“Si se sobrepasan los límites temporalmente, es inevitable el colapso (línea roja) o la oscilación (línea amarilla), en general además se deteriora el límite y este disminuye al aproximarnos al límite y sobrepasarlo (oscilación decreciente).”
83. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
“La extralimitación y la oscilación sólo pueden ocurrir si el medio ambiente sufre un daño insignificante durante períodos de sobrecarga y logra repararse por si mismo con la rapidez suficiente para recuperarse plenamente durante períodos de menos carga.” (p. 268)
84. Aaron Donohoe et al (2014) – **Shortwave and longwave radiative contributions to global warming under increasing CO2** - Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS doi:10.1073/pnas.1412190111 – Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology – 4 autores
“A simple linear radiative feedback framework is used to explain this counterintuitive behavior. It is found that the timescale over which OLR returns to its initial value after a CO2 perturbation depends sensitively on the magnitude of shortwave (SW) feedbacks … Altogether, these results suggest that, although greenhouse gas forcing predominantly acts to reduce OLR, the resulting global warming is likely caused by enhanced ASR.”
85. Antonio García-Olivares et al (2011) – **A global renewable mix with proven technologies and common materials** – Energy Policy 41:561–574 doi:10.1016/j.enpol.2011.11.018 – Instituto de Ciencias del Mar, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Barcelona – http://www.imedea.uib-csic.es/master/cambioglobal/Modulo_1_03/Ballabrera_Diciembre_2011/Articulos/Garcia-Olivares.2011.pdf – 4 autores
“However, lithium, nickel and platinum could become limiting materials for future vehicles fleet if no global recycling systems were implemented and rechargeable zinc–air batteries would not be developed; 60% of the current copper reserves would have to be employed in the implementation of the proposed solution.”
86. Kevin Anderson (2012) – **Real clothes for the Emperor: Facing the challenges of climate change** – Cabot Institute Annual Lecture 2012 – University of Bristol, 06/11/2012 – Professor of Energy and Climate Change, University of Manchester, Tyndall Centre – http://www.bristol.ac.uk/cabot/documents/anderson-ppt.pdf
“Energy system design lives (lock-in); Supply technologies 25-50 years; Large scale infrastructures and Built environment 30-100 years; Aircraft and ships ~30 years ”
87. Roger Fouquet (2010) – **The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service** – Energy Policy 38:6586–6596 doi:10.1016/j.enpol.2010.06.029 – Basque Centre for Climate Change (BC3) + Ikerbasque (Basque Foundation for Science)
“This paper reviews past energy transitions by sector and service to identify features that may be useful for future transitions … Based on past experiences, a complete transition to a low carbon economy is likely to be very slow.”

88. Steven J Davis and Robert H. Socolow (2014) – **Commitment accounting of CO2 emissions** – Environmental Research Letters 9 084018 doi:10.1088/1748-9326/9/8/084018 – Department of Earth System Science, University of California; Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Princeton University – http://iopscience.iop.org/1748-9326/9/8/084018/pdf/1748-9326_9_8_084018.pdf
“Reducing CO2 emissions will ultimately mean retiring CO2-emitting infrastructure more quickly than it is built … By revealing the emissions that are anticipated decades into the future, commitment accounting of CO2 emissions may help to integrate analyses of capital investment, cumulative emissions, and damages from climate warming. ”
89. Ward Carroll – **How an Auto Giant Got Ready for War** – Military.com – http://www.military.com/veteran-jobs/career-advice/military-transition/how-an-auto-giant-got-ready-for-war.html
“Although GM might have been organizationally postured to answer the military’s needs better than most large American companies at the time, that still didn’t make the undertaking easy or immediate. In essence, GM was being asked by the United States government to start a new business.”
90. Thomas S. Kuhn (1962) – **The Structure of Scientific Revolutions** – University of Chicago Press
“… the act of judgment that leads scientists to reject a previously accepted theory is always based upon more than a comparison of that theory with the world. The decision to reject one paradigm is always the decision to accept another, and the judgment leading to that decision involves the comparison of both paradigms with nature and with each other.”
91. Carlos de Castro Carranza (2013) – **En defensa de una teoría Gaia orgánica** – Ecosistemas 22:113-118 doi:10.7818/ECOS.2013.22-2.17 – Departamento de Física Aplicada, Universidad de Valladolid – http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/744/732
“Teleológico es un término inventado y empleado por los filósofos, como Kant, para los cuales significa que tiene o posee propósitos o fines (Sagan y Whiteside 2004, Jax 2010), lo que de hecho se puede aplicar a las máquinas humanas, diseñadas con un propósito asignado externamente por la persona que la fabricó, pero también se aplica a los organismos (Volk 2009) … La huida en la biología del término teleológico llega a la paradoja de inventarse términos nuevos como teleonomía (Monod 1981).”
92. Piet J. M. Verschuren (2001) – **Holism versus Reductionism in Modern Social Science Research** – Quality & Quantity 35:389-405 – Department of Methodology, Faculty of Social Sciences, University of Nijmegen
“A second closely related risk of reductionistic research is an observational bias that I will call the syndrome of ‘a tunnel view’, which has a temporal and a spatial variant. In a temporal sense the syndrome means that the researcher isolates an object from its historical context … The spatial variant of ‘tunnel vision’ has two sub-variants.”
93. Peter M. Senge (1980) – **A system dynamics approach to investment function formulation and testing** – Socio-Economic Planning Sciences 14:269-280 doi:10.1016/0038-0121(80)90026-9 – System Dynamic Group, Alfred P. Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology
“This paper discusses system dynamics techniques for formulating and testing

dynamic theories of capital investment … The generalized investment function is shown to include six disequilibrium hypotheses omitted from the SNC and to better fit quarterly data for capital appropriations in durable and nondurable manufacturing industries.”

94. Hans J. Schellnhuber (1999) – **Earth system analysis and the Second Copernican Revolution** – Nature 402:C19-C23 – Potsdam Institute for Climate Impact Research – http://www.iterations.com/protected/dwnload_files/earth_system.pdf
“This means that we are confronted ultimately with a control problem, a geo-cybernetic task that can be summed up in three fundamental questions [ref]. ”
95. The Global Environmental Change Programmes – **Earth System Science: An Integrated Approach** – Environment: Science and Policy for Sustainable Development, 43:21-27 doi:10.1080/00139150109604504
“For decades, the scientific community has widely discussed the idea that Earth’s environment is an integrated global system, and major research findings have documented this as fact. A summary of these findings, including human influence on global environmental change and the need for a new system of science, has recently been published.”
96. James R. Beniger (1986) – **The control revolution: technological and economic origins of the information society** – Harvard University Press – ISBN-13: 978-0674169869 – 508 Págs.
97. Dirk Helbing (2013) – **Globally networked risks and how to respond** – Nature 497:51–59 doi:10.1038/nature12047 – Risk Center, ETH Zurich, Swiss Federal Institute of Technology – http://www.uvm.edu/~cdanfort/csc-reading-group/helbing-nature-2013.pdf
“Today’s strongly connected, global networks have produced highly interdependent systems that we do not understand and cannot control well. These systems are vulnerable to failure at all scales, posing serious threats to society, even when external shocks are absent. As the complexity and interaction strengths in our networked world increase, man-made systems can become unstable, creating uncontrollable situations even when decision-makers are well-skilled, have all data and technology at their disposal, and do their best. To make these systems manageable, a fundamental redesign is needed. A ‘Global Systems Science’ might create the required knowledge and paradigm shift in thinking.”
98. Donella H. Meadows (1999) – **Leverage points. Places to Intervene in a System** – The Sustainability Institute – The Sustainability Institute – http://www.thesolutionsjournal.com/node/419
“Places to Intervene in a System (In Increasing Order of Effectiveness): 9. Constants, parameters, numbers (subsidies, taxes, standards); 8. Material Stocks and Flows; 7. Regulating Negative Feedback Loops; 6. Driving Positive Feedback Loops; 5. Information Flows; 4. The Rules of the System (incentives, punishment, constraints); 3. The Power of Self-Organization – The distribution of power over the rules of the system; 2. The Goals of the System 1. The Mindset or Paradigm – its goals, power structure, rules, its culture – out of which the system arises.”
99. Jordi Pigem (2010) – **Revalorar el món: Els valors de la sostenibilitat** – Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible – Generalitat de Catalunya, juliol de 2010 – Premi de Filosofia de l’Institut d’Estudis Catalans – http://www15.gencat.cat/cads/AppPHP/images/stories/publicacions/paperssoste

nibilitat/2010/pds_15_web.pdf
"La visió materialista que hem heretat veu la Terra com un mer magatzem de recursos i contempla el món com una suma arbitrària d'objectes, a punt per a ser posseïts, classificats, manipulats i consumits. Aquesta visió del món és insostenible en el doble sentit de la paraula: és insostenible per les seves conseqüències ecològiques, però també és insostenible en el sentit que no es pot sostenir conceptualment, no és pot defensar amb arguments, tal com diem que una proposició o doctrina són insostenibles. La crisi econòmica i la crisi ecològica mostren avui que el materialisme no funciona."

100. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Uno de los supuestos más extraños de los actuales modelos mentales es la idea de que un mundo de moderación tenga que ser un mundo de estricto control gubernamental centralizado. Para una economía sostenible, este tipo de control no es posible, deseable ni necesario." (p. 404)

101. Bernard Lietaer et al (2008) – **White Paper on All the Options for Managing a Systemic Bank Crisis**, October 2008 – Center for Sustainable Resources, University of California – http://www.lietaer.com/images/White_Paper_on_Systemic_Banking_Crises_final.pdf
"The surprising insight from a systemic perspective is that sustainable vitality involves diversifying the types of currencies and institutions and introducing new ones that are designed specifically to increase the availability of money in its prime function as a medium of exchange, rather than for savings or speculation."

102. S. Holling and Gary K. Meffe (1996) – **Command and control and the pathology of natural resource management** – Conservation Biology 10:328–337 – Department of Zoology, University of Florida; University of Georgia's Savannah River Ecology Laboratory – http://www.calwater.ca.gov/Admin_Record/E-025180.pdf
"We discuss several aspects of ecosystem pattern and dynamics at large scales that provide insight into ecosystem resilience, and we propose a "Golden Rule" of natural resource management that we believe is necessary for sustainability: management should strive to retain critical types and ranges of natural variation in resource systems in order to maintain their resiliency."

103. Jorgen Randers (2000) – **From limits to growth to sustainable development or SD (sustainable development) in a SD (system dynamics) perspective** – System Dynamics Review 16:213-224 doi:10.1002/1099-1727(200023)16:3<213::AID-SDR197>3.0.CO;2-E – Norwegian School of Management in Oslo – http://web.boun.edu.tr/ali.saysel/Esc578/Randers2000.pdf
"It is, of course, fully possible for humanity to avoid overshoot and decline, if one could just agree to try. Given a benevolent global dictatorship, the transition to sustainability could be made smoothly without much decline in the quality of life. "

104. Jorge Riechmann y Óscar Carpintero (2014) – **Los inciertos pasos desde aquí hasta allá: alternativas socioecológicas y transiciones poscapitalistas** – Cicode, Universidad de Granada

“¿Por qué lo llaman ‘economía de guerra’ cuando quieren decir –deberían decir– ecosocialismo?”

105. L. Wang and P.C. Young (1988) – **Direct Digital Pole-Assignment Control System Design for Multivariable Systems Based on Input-Output State Variable Feedback** – International Conference on Control – Lancaster University
“A practical discrete time approach to pole-assignment for SISO systems via state variable feedback is extended to MIMO systems. A proper definition of non-minimal state space form and its controllability conditions are given and the results are illustrated by numerical examples.”

106. Maarten M. Ottens (2010) – **Limits to Systems Engineering** – Philosophy of Engineering and Technology 2:109-122 doi:10.1007/978-90-481-2804-4_10 – Delft University of Technology + Johns Hopkins University
“Two Kinds of Boundaries (I) In our everyday life we frequently encounter physical boundaries … (II) We also encounter metaphorical boundaries. An example is boundaries to what you deem socially acceptable. If someone ‘crosses the line’ with regard to their behavior to you, they cross a metaphorical boundary.”

107. **Ivan Illich** – Wikipedia, 16/11/2011 – http://en.wikipedia.org/wiki/Ivan_Illich
“The main notion of Ivan Illich is the concept of counterproductivity: when institutions of modern industrial society impede their purported aims. For example, Ivan Illich calculated that, in America in the 1970s, if you add the time spent to work to earn the money to buy a car, the time spent in the car (including traffic jam), the time spent in the health care industry because of a car crash, the time spent in the oil industry to fuel cars …etc., and you divide the number of kilometres traveled per year by that, you obtain the following calculation: 10000 km per year per person divided by 1600 hours per year per American equals 6 km per hour. So the real speed of a car would be about 3.7 miles per hour. ”

108. The Biggest Ponzi Scheme In The History Of The World – The Economic Collapse, 23/06/2013 – http://theeconomiccollapseblog.com/archives/the-biggest-ponzi-scheme-in-the-history-of-the-world
“Did you know that you are involved in the most massive Ponzi scheme that has ever existed?”

109. Sharon Astyk (2009) – **Formulating a future: the case for antimodernism** – Energy Bulletin, 12/04/2009 – Speaking Truth to Power – http://sharonastyk.com/2009/04/12/not-a-bug-an-undocumented-feature-the-case-for-anti-modernism-part-i/
“The whole and most fundamental premise of modernity is this that because progress always goes forward, there is no need to consider the future.”

110. Jack Homer (2014) – **Levels of evidence in system dynamics modeling** – System Dynamics Review 30:75–80 doi:10.1002/sdr.1514 – Homer Consulting + Massachusetts Institute of Technology Research Affiliate – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.1514/pdf
“It is possible to build a model that is evidence based and behaves as it should, but which has an inadequate boundary or time horizon to fulfill its intended purpose, or is unable to portray important policies or scenarios. That is why we employ a wide variety of tests for determining a model’s value, addressing not

only reliability but also usefulness, completeness, clarity, explanatory power and insight (Forrester and Senge, 1980; Sterman, 2000, ch. 21)."

111. Axel Leijonhufvud (2011) – **Nature of an economy** – Center for Economic Policy Analysis – UCLA and University of Trento – http://www.cepr.org/sites/default/files/policy_insights/PolicyInsight53.pdf
"We have imposed our pre-conceived methods on economic reality in such manner as to distort our understanding of it. We start from optimal choice and fashion an image of reality to fit it. We transmit this distorted picture of what the world is like to our students by insisting that they learn to perceive the subject matter trough the lenses of our method."

112. Carla Ravaioli (1995) – **Economists and the Environment: A Diverse Dialogue** – Zed Books – ISBN-13: 978-1856492775 – 192 Págs.
"Nobel Laureate Friedman: If we were living on the capital, the market price would go up. The price of truly limited resources will rise over time. The price of oil has not been rising, so we're not living on the capital. When that is no longer true, the price system will give a signal and the price of oil will go up. As always happens with a truly limited resource. Ravaioli: Of course the discovery of new oil wells has given the illusion of unlimited oil … Nobel Laureate Friedman: Why an illusion? Ravaioli: Because we know it's a limited resource. Nobel Laureate Friedman: Excuse me, it's not limited from an economic point of view. You have to separate the economic from the physical point of view. Many of the mistakes people make come from this. Like the stupid projections of the Club of Rome."

113. E. Goeller and Alvin M. Weinberg (1978) – **The Age of Substitutability** – The American Economic Review 68:1-11 – Oak Ridge National Laboratory; Institute For Energy Analysis, Oak Ridge – http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2951003.pdf
"On the basis of their scrutiny of these geological and technological data, Goeller and Weinberg pronounce the principle of infinite substitutability: With the exception of phosphorus and some trace elements for agriculture, mainly cobalt, copper and zinc, and finally the CH_x (coal, oil and gas), society can exist on near-inexhaustible resources for an indefinite period."

114. la ley de la oferta y la demanda no se cumple nunca en términos agregados multiproducto

115. Gail Tverberg – **Oil Price Slide – No Good Way Out** – Our Finite World, 05/11/2014 – http://ourfiniteworld.com/2014/11/05/oil-price-slide-no-good-way-out/
"Most people assume that of course, oil prices will rise. That is what they learned from supply and demand discussions in Economics 101. I think that what we learned in Econ 101 is wrong because the supply and demand model most economists use ignores important feedback loops. (See my post Why Standard Economic Models Don't Work–Our Economy is a Network.)"

116. Antonio García-Olivares – **El cénit del petróleo y de los combustibles fósiles y sus críticos** – The Oil Crash, 02/03/2014 – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/03/realmente-es-inmimente-el-peak-oil.html
"Nuestra hipótesis es que los modelos basados en un horizonte móvil de explotación en función del precio son útiles en situaciones con infinitos recursos que explotar, cuando la respuesta al precio es elástica, pero que los modelos de

tipo Hubbert, basados en la URR, son mejores para modelar el comportamiento a largo plazo cuando la respuesta al precio se vuelve inelástica."

117. Antonio García-Olivares **- Sobre los recursos supuestamente sustituibles de la economía global** – The Oil Crash, 21/07/2014 – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/07/sobre-los-recursos-supuestamente.html
"Si Capital + energía es capaz de producir cualquier cosa que sea necesaria para sustituir a cualquier recurso que se vuelva escaso, entonces la física y la química, con sus principios de conservación, sus leyes termodinámicas y sus cuidadosos estudios sobre los procesos que son posibles en la naturaleza, todas estas ciencias sobran."

118. Frank P. Ramsey (1928) – **A mathematical theory of saving** – The Economic Journal 38:543-559 – King's College, Cambridge – http://folk.uio.no/gasheim/zRam1928.pdf -
"How much of its income should a nation save? … One point should perhaps be emphasized more particularly: it is assumed that we do not discount later enjoyments in comparison with earlier ones, a practice which is ethically indefensible and arises merely from the weakness of imagination; we shall however, include … such a rate of discount in some of our investigations."

119. Dirk Loehr (2012) – **The euthanasia of the rentier – A way toward a steady-state economy?** – Ecological Economics 84:232–239 doi:10.1016/j.ecolecon.2011.11.006 – Trier University of Applied Sciences, Environment Campus Birkenfeld
"In contrast to the statements of the Club of Rome (Meadows et al., 1972: "limits of growth"), a clean growth of limits is stressed. Hence, "sustainability" is defined in terms of engineering."

120. **The Future We Want** – UNFCCC, 22/06/2012 – http://www.uncsd2012.org/content/documents/727THE%20FUTURE%20WE%20WANT%20-%20FINAL%20DOCUMENT.pdf
"We recognize that the planet Earth and its ecosystems are our home and that Mother Earth is a common expression in a number of countries and regions and we note that some countries recognize the rights of nature in the context of the promotion of sustainable development. We are convinced that in order to achieve a just balance among the economic, social and environment needs of present and future generations, it is necessary to promote harmony with nature."

121. Clive L. Spash (2011) – **Editorial: Terrible Economics, Ecosystems and Banking** – Environmental Values 20:141-145 doi:10.3197/096327111X12997574391562 – http://www.clivespash.org/Spash_TEEB_2011_EV_v20_no2_final.pdf
"Why do conservation biologists, ecologists and other natural scientists working on environmental problems feel the need to copy, or rather parody, a narrow economic discourse? This editorial criticises this approach with reference to the UN's report The Economics of Biodiversity and the extension of tradable permits to such areas as endangered species and wetlands."

122. Adam Smith (1776) – **An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations** – University of Chicago Press – ISBN-13: 978-0226763743 – 1152 Págs. -
"The word VALUE, it is to be observed, has two different meanings, and sometimes expresses the utility of some particular object, and sometimes the power of purchasing other goods which the possession of that object conveys. The one may be called 'value in use;' the other, 'value in exchange.' The things

which have the greatest value in use have frequently little or no value in exchange; and, on the contrary, those which have the greatest value in exchange have frequently little or no value in use. Nothing is more useful than water: but it will purchase scarce any thing; scarce any thing can be had in exchange for it. A diamond, on the contrary, has scarce any value in use; but a very great quantity of other goods may frequently be had in exchange for it."

123. Gro Harlem Brundtland et al (1987) – **Our Common Future: Report on the World Commission on Environment and Development** – United Nations – http://www.worldinbalance.net/pdf/1987-brundtland.pdf – 20 autores
''Meet the needs and aspirations of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.''

124. Paul Johnson et al (2007) – **Reclaiming the Definition of Sustainability** – Environmental Science and Pollution Research 14:60-66 doi:10.1065/espr2007.01.375 – Greenpeace Research Laboratories, Department of Biological Sciences, University of Exeter
"In the subsequent two years, around 140 alternative and variously-modified definitions of 'sustainable development' emerged. Currently, it has been estimated that some three hundred definitions of 'sustainability' and 'sustainable development' exist broadly within the domain of environmental management and the associated disciplines which link with it, either directly or indirectly."

125. Cutler J. Cleveland et al (2000) – **Aggregation and the role of energy in the economy** – Ecological Economics 32:301-317 doi:10.1016/S0921-8009(99)00113-5 – Department of Geography, University of Illinois – http://www.dieoff.org/cleveland.pdf – 4 autores
"Analysis of Granger causality and cointegration indicate a causal relationship running from quality- adjusted energy to GDP, but not from the unadjusted energy index."

126. Jørgen Randers (2012) – **The real message of the Limits to Growth: a plea for forward-looking global policy** – Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society 21:102-105 – Professor of climate strategy at the BI Norwegian Business School – http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/93630/Randers_Gaia_2012.pdf
"It remains an open question whether economic growth without growing physical impact is feasible. It is possible in principle, but has not yet been observed in practice. The Limits to Growth did not seek to resolve this question, and the autores were split in their views on whether full decoupling can be realized."

127. Bithas and P. Kalimeris (2014) – **Re-estimating the decoupling effect: Is there an actual transition towards a less energy-intensive economy?** – Energy 51:78–84 doi:10.1016/j.energy.2012.11.033 – Research Team on Environmental Economics and Sustainable Development, Department of Economics and Regional Development, Panteion University
"In 1996, the E/GDP per Capita reaches its highest peak so far. Evidence of a small decline in energy intensity appears as of 1997 which seems to stabilize from 2002 to 2009. In sum, according to the empirical estimates of the E/GDP per Capita ratio that we propose, no substantial evidence of even relative decoupling of energy required for the production of a per Capita unit of GDP can be traced. "

128. Iñigo Capellán-Pérez et al (2012) – **World Limits Model (WoLiM) 1.0 – Model Documentation** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 01/05/2012 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/07/WoLiM_1.0-Model-Documentation_July-2014.pdf
"Our results indicate that in the last 40 years, the world TP energy intensity has improved at a yearly average rate of 1.15 % ((Smil, 2005) estimated 1% improvement for the 20th century). This evolution has not been uniform, and since the year 2000 its value has remained constant at around 10 EJ / 2011 US$. As signaled and studied by (Baksi and Green, 2007), an important question for future scenarios is whether a 1% rate of decline in the global average annual energy intensity can be improved upon over the course of the 21st century. Or, alternatively, if it will become more difficult to maintain a 1% rate of decline, as the best improvements in energy efficiency, and the largest gains from sectoral output shifts, are 'used up'."

129. según quedó bien establecido a finales del siglo XIX por Rudolf Clausius

130. Juan Antolín-Diaz et al (2014) – **Is economic growth permanently lower?** – Fulcrum Research Notes: Financial Times – Fulcrum Asset Management + London School of Economics – https://www.fulcrumasset.com/assets/Document/FulcrumResearchFollowingtheTrend.pdf – 3 autores
"Indeed, for the last five years, forecasts of US and global real GDP growth have been persistently biased upwards … This allows us to uncover a substantial decline in long-run growth in the US and other industrialised economies. "

131. Frederic S. Lee (2009) – **A History of Heterodox Economics: Challenging the Mainstream in the Twentieth Century** – Routledge – Professor of Economics, University of Missouri-Kansas City – ISBN-13: 978-0415777148 – 368 Págs. – http://heterodoxnews.com/APPENDIX–formatted.pdf
"Scientists that do not "fit" into this structure of dependency, do not produce the right kind of knowledge, can be marginalized and excluded from the community, but still exist within the field or they can be cleansed from the field altogether."

132. Max Weber (1981) – **La Ciencia como vocación** – En: "El político y el científico", Madrid: Alianza Editorial, 1981, pp. 180-231
"Todo 'logro' científico implica nuevas 'cuestiones' y ha de ser superado y ha de envejecer. Todo el que quiera dedicarse a la ciencia tiene que contar con esto."

133. Herman E. Daly (1974) – **The Economics of the Steady State** – American Economic Review 64:15-21 – Louisiana State University

134. John Stuart Mill (1848) – **Principles of Political Economy with Some of Their Applications to Social Philosophy** – En: Collected Works of John Stuart Mill, Vol. II, III, Toronto / Buffalo (University of Toronto Press) / London (Routledge & Kegan Paul), repr.: 1965, section 'Of the Stationary State'
"If the earth must lose that great portion of its pleasantness which it owes to things that the unlimited increase of wealth and population would extirpate from it, for the mere purpose of enabling it to support a larger, but not a better or happier population, I sincerely hope, for the sake of posterity, that they will be content to be stationary, long before necessity compels them to it."

135. Adam Smith estat estacionari

136. Herman Daly (2014) – **Three Limits to Growth** – Daly News, 04/09/2014 – http://steadystate.org/three-limits-to-growth/
“As production (real GDP) grows, its marginal utility declines, because we satisfy our most important needs first. Likewise, the marginal disutilitiy inflicted by growth increases, because as the economy expands into the ecosphere we sacrifice our least important ecological services first (to the extent we know them).”
137. Herman E. Daly (1992) – **The Steady State Economy: Alternative to Growthmania** – Steady-State Economics (Earthscan, 1992), pp. 180–94 – The World Bank – ISBN-13: 978-1559630719 – 318 Págs.
138. Herman Daly – **Eight Fallacies about Growth** – The Daly News, 06/08/2012 – http://steadystate.org/eight-fallacies-about-growth/
“Globalization was a policy choice of our elites, not an imposed necessity. Free trade agreements had to be negotiated. Who negotiated and signed the treaties? Who has pushed for free capital mobility and signed on to the World Trade Organization? Who wants to enforce trade-related intellectual property rights with trade sanctions? The Bretton Woods system was a major achievement aimed at facilitating international trade after WWII. It fostered trade for mutual advantage among separate countries. Free capital mobility and global integration were not part of the deal. That came with the WTO and the effective abandonment by the World Bank and IMF of their Bretton Woods charter.”
139. Herman E. Daly and Kenneth N. Townsend (1993) – **Sustainable Growth: An Impossibility Theorem** – En: Valuing the Earth: Economics Ecology Ethics – ISBN 0-262-54068-1 – MIT Press – School of Public Affairs, University of Maryland – http://dieoff.org/page37.htm
“In its physical dimensions the economy is an open subsystem of the earth ecosystem, which is finite, non-growing, and materially closed. As the economic subsystem grows it incorporates an ever greater proportion of the total ecosystem into itself and must reach a limit at 100 percent, if not before. Therefore its growth is not sustainable. The term “sustainable growth” when applied to the economy is a bad oxymoron—self-contradictory as prose, and unevocative as poetry.”
140. Karl William Kapp (1950) – **The Social Costs of Private Enterprise** – University of the City of New York – http://www.kwilliam-kapp.de/documents/SCOPE.pdf
“The author holds the view that the institutionalized system of decision-making in a system of business enterprise has a built-in tendency to disregard those negative effects on the environment that are “external” to the decision-making unit. Even if an individual firm intended (and would be, in a financial position, as many oligopolists obviously are to avoid the negative effects of its applied technology, it can do so only by raising its costs; that is, by deliberately reducing its profit margin and its profit-earning capacity. Hence, a system of decision-making operating in accordance with the principle of investment for profit cannot be expected to proceed in any way other than by trying to reduce its costs whenever possible and by ignoring those losses that can be shifted to third persons or to society at large.”
141. Ezra J. Mishan (1967) – **The Costs of Economic Growth** – F.A. Praeger – London School of Economics – http://www.thesocialcontract.com/pdf/seventeen-one/tsc_17_1_mishan.pdf
“Large-scale immigration is not only likely to be socially unsettling, in an

economy as close to full employment as that of the United Kingdom and the United States has been since the war, it is almost sure to have a net inflationary impact on the economy."

142. Herman E. Daly (2008) – Special report: **Economics blind spot is a disaster for the planet** – New Scientist 2678 – School of Public Affairs, University of Maryland – http://www.newscientist.com/article/mg20026786.300-special-report-economics-blind-spot-is-a-disaster-for-the-planet.html
"It was my job, as senior economist in the bank's environment department, to review the draft and offer suggestions. I said drawing such a picture was a great idea, but it really had to include the environment. As drawn, the economy was receiving inputs from nowhere and expelling outputs back to nowhere."

143. Herman Daly – **An Economics Fit for Purpose in a Finite World** – The Daly News, 03/10/2014 – http://steadystate.org/an-economics-fit-for-purpose-in-a-finite-world
"Causation is both bottom-up and top-down: material cause from the bottom, and final cause from the top, as Aristotle might say. Economics, or as I prefer, "political economy," is in between, and serves to balance desirability (the lure of right purpose) with possibility (the constraints of finitude). We need an economics fit for purpose in a finite and entropic world."

144. Jorge Riechmann y Joaquim Sempere (2000) – **Sociología y medio ambiente** – Sintesis Editorial – ISBN-13: 978-8477387534 – 352 Págs.
"La poca gente que hay peligrosa en el mundo es la que no reconoce límites; la que ve las fronteras como humo, lo prohibido como niebla, los finales, si mucho, como punto y aparte. José Viñals "

145. Robert U. Ayres and Benjamin Warr (2009) – **The Economic Growth Engine**: How Energy and Work Drive Material Prosperity – Edward Elgar Publishing – IIASA Laxenburg + INSEAD Fontainebleau; Center for the Management of Environmental Resources (CMER), INSEAD – ISBN-13: 978-1848441828 – 448 Págs.
"The most surprising conclusion is that the exergy efficiency of transportation probably peaked around 1960, when gasoline engines (in the US automobile fleet) operated at higher compression ratios and wasted much less power on accessories than it is true today." (p. 126)

146. Paul Krugman – **How Did Economists Get It So Wrong?** – The New York Times, 02/09/2009 – http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html
"I. Mistaking Beauty For Truth; II. From Smith To Keynes And Back; III. Panglossian Finance; IV. The Trouble With Macro; V. Nobody Could Have Predicted…; VI. The Stimulus Squabble; VII. Flaws and Frictions; VIII. Re-Embracing Keynes."

147. Antonio Valero y Alicia Valero (2014) – **Thanatia: the destiny of the Earth's mineral resources** – World Scientific Publishing – CIRCE, Center of Research for Energy Resources and Consumption, Universidad de Zaragoza – ISBN-13: 978-9814273930 – 672 Págs.

148. Antonio García-Olivares (2014) – **El cénit de la energía y de los minerales y la futura economía de estado estacionario** – The Oil Crash, 09/03/2014 – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/03/como-sera-la-economia-tras-el-cenit-de.html
"La energía útil u es la suma de una serie de aportaciones que proceden de las

energías producidas por las fuentes habituales de potencia (petróleo, carbón, gas, nuclear, hidroeléctrica, renovables y biomasa) multiplicadas por sus factores respectivos de eficiencia de conversión a energía útil. Esto hace que la energía útil de la economía USA en el año 2000 tuviera una eficiencia global media del 13%."

149. Geoff Davies – **A Science of Economies?** – Real-World Economics Review Blog, 10/03/2014 – http://rwer.wordpress.com/2014/03/10/a-science-of-economies/
"Assumptions matter. If one's assumptions imply near-equilibrium, then one's theory will never be able to reproduce a market crash. If you assume the economy is close to optimal, then any attempt to reduce greenhouse gas emissions will move it from the optimum and therefore seem expensive, even though efficient and inexpensive technologies are available. (Fortunately many economists have moved on from that argument, notably Nicholas Stern of the UK.) "

150. Steve Keen (2009) – **Bailing out the titanic with a thimble** – Economic Analysis and Policy 39: – School of Economics & Finance, University of Western Sydney – https://keenomics.s3.amazonaws.com/debtdeflation_media/papers/v39_i1_2_keen.pdf
"Ever since Milton Friedman's Monetary History of the United States (Friedman and Schwartz, 1971), neoclassical economists—including the current Chairman of the Federal Reserve, Ben Bernanke (Bernanke, 2002A)—have asserted that the Great Depression was caused by poor monetary policy by the then Federal Reserve [ref]. So much for that theory: today's stark reality should make it unarguable that the real cause of Depression-scale financial crises is excessive private debt accumulated during a preceding speculative bubble—which accords with the 'debt-deflation' hypothesis first developed by Irving Fisher, and perfected by Hyman Minsky, rather than Milton's tale of errant regulators. "

151. Alan Greenspan – **Testimony After The Committee of Government Oversight and Reform** – Committee of Government Oversight and Reform, 23/10/2008 – http://clipsandcomment.com/wp-content/uploads/2008/10/greenspan-testimony-20081023.pdf
"The whole intellectual edifice, however, collapsed in the summer of last year because the data inputted into the risk management models generally covered only the past two decades, a period of euphoria."

152. Ida Kubiszewski et al (2013) – **Beyond GDP: Measuring and achieving global genuine progress** – Ecological Economics 93:57–68 doi:10.1016/j.ecolecon.2013.04.019 – Crawford School of Public Policy, Australian National University – 7 autores
"While global Gross Domestic Product (GDP) has increased more than three-fold since 1950, economic welfare, as estimated by the Genuine Progress Indicator (GPI), has actually decreased since 1978."

153. James K. Doyle (1997) – **The cognitive psychology of systems thinking** – System Dynamics Review 13:253–265 doi:10.1002/(SICI)1099-1727(199723)13:3<253::AID-SDR129>3.0.CO;2-H – Department of Social Science and Policy Studies, Worcester Polytechnic Institute
"This article describes how established research methods in cognitive psychology can be applied to answer questions about the ability of systems thinking interventions to improve the nature and quality of thought about

complex systems … The article concludes with a discussion of the difficulties and long-term advantages of conducting the described research."

154. Jay W. Forrester (1970) – **Counterintuitive behavior of social systems** – En: Collected Papers of Jay W. Forrester. Cambridge, Massachusetts, 1975, Wright-Allen Press – Massachusetts Institute of Technology – http://www.constitution.org/ps/cbss.pdf
"Inability of the human mind to use its own mental models becomes clear when a computer model is constructed to reproduce the assumptions contained in a person's mental model … By contrast to mental models, system dynamics simulation models are explicit about assumptions and how they interrelate."

155. William A. Wagenaar and Sabato D. Sagaria (1975) – **Misperception of exponential growth** – Attention Perception & Psychophysics 18:416-422 doi:10.3758/BF03204114 – Institute for Perception TNO, Soesterberg; Pennsylvania State University
"The size of the effect is considerable; it is not unusual that two-thirds of the subjects produce estimates below 10% of the normative value. The effect increases with the exponent of the stimulus series, and with addition of a constant to the stimulus series. Neither special instructions about the nature of exponential growth nor daily experience with growth processes enhanced the extrapolations."

156. **El crecimiento exponencial explicado doblando una hoja de papel una y otra vez** – La Información, 19/04/2012 – http://www.microsiervos.com/archivo/ciencia/crecimiento-exponencial-papel.html
"El ejemplo se basa en doblar por la mitad una y otra vez una hoja de papel finísimo (de 0,001 cm de grosor); esta es la altura que alcanzaría tras cierto número de dobleces: 10: la hoja tendría 1 cm de grosor … 25 más alta que el Empire State; 40: la altitud a la que orbitan los satélites; 45: podría llegar hasta la Luna… y volver."

157. Tom Murphy – **Exponential Economist Meets Finite Physicist** – Do the Math, 10/04/2012 – http://physics.ucsd.edu/do-the-math/2012/04/economist-meets-physicist/
"El resultado es que con una tasa de crecimiento del 2,3% (elegido por comodidad para representar un aumento de 10 veces por siglo), alcanzaríamos la temperatura de ebullición dentro de unos 400 años [expresión de dolor por parte del economista]. Y esta afirmación no depende de la tecnología."

158. William A. Wagenaar and Sabato D. Sagaria (1975) – **Misperception of exponential growth** – Attention Perception & Psychophysics 18:416-422 doi:10.3758/BF03204114 – Institute for Perception TNO, Soesterberg; Pennsylvania State University
"Experiment III suggest that we are faced with a real functional impossibility: subjects cannot discriminate between functions with different exponents … Logarithmic representation would not serve this aim."

159. Stanislas Dehaene et al (2008) – **Log or Linear? Distinct Intuitions of the Number Scale in Western and Amazonian Indigene Cultures** – Science 320:1217-1221 doi:10.1126/science.1156540 – INSERM, Cognitive Neuro-imaging Unit, Institut Fédératif de Recherche (IFR) + Commissariat à l'Energie Atomique, NeuroSpin center, IFR + Collège de France+ Université Paris-Sud
"This indicates that the mapping of numbers onto space is a universal intuition and that this initial intuition of number is logarithmic. The concept of a linear

number line appears to be a cultural invention that fails to develop in the absence of formal education."

160. Booth Sweeney and John D. Sterman (2007) – **Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems** – System Dynamics Review 23:285-312 – Director of SoL's Education Partnership; Jay W. Forrester Professor of Management at the MIT Sloan School of Management and Director of the MIT System Dynamics Group
"Despite these generally discouraging results, some people are able to think systemically. Developmental theory and empirical research offer some evidence that the development of systems intelligence is not age-related. For example, some research [refs] and anecdotal evidence [refs] shows that children as young as kindergarten age are able to grasp, at a rudimentary level, systems concepts and tools."

161. Booth Sweeney and John D. Sterman (2007) – **Thinking about systems: student and teacher conceptions of natural and social systems** – System Dynamics Review 23:285-312 – Director of SoL's Education Partnership; Jay W. Forrester Professor of Management at the MIT Sloan School of Management and Director of the MIT System Dynamics Group
"A key skill in systems thinking is the ability to expand the boundary of one's mental model to increase the range of feedbacks and factors considered [ref]. However, students and teachers alike tended not to describe factors outside the immediate boundary described by the elements of the scenario."

162. Matthew A. Cronin et al (2009) – **Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens** – Organizational Behavior and Human Decision Processes 108:116-130 doi:10.1016/j.obhdp.2008.03.003 – School of Management, George Mason University – 3 autores
"People appear to employ heuristics that are intuitively appealing but erroneous—specifically, many use the correlation heuristic, reasoning that the output of the system (here, the stock) should ''look like" (be highly correlated with) its inputs (here, the flows or net inflow). Such individuals fail to grasp the fundamental principle that any stock rises (falls) when the inflow exceeds (is less than) the outflow. The intuitive appeal of the correlation heuristic appears to be quite strong … Further, the frequency of use of the correlation heuristic increases as the flows become more complex than simple straight lines.

163. John D. Sterman (2008) – **Risk communication on climate: Mental models and mass balance** – Science 322:532-533 doi:10.1126/science.1162574 – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://stonehousestandingcircle.ca/sites/default/files/papers/StermanPolicyForum081024%20(2).pdf
"People often assess system dynamics using a pattern-matching heuristic, assuming that the output of a system should "look like"—be positively correlated with—its inputs (12, 13). Although sometimes useful, correlational reasoning fails in systems with important accumulations."

164. Matthew A. Cronin et al (2009) – **Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens** – Organizational Behavior and Human Decision Processes 108:116-130 doi:10.1016/j.obhdp.2008.03.003 – School of Management, George Mason University – 3 autores
"Rather, it appears that people often use intuitively appealing but erroneous

heuristics such as assuming that the output of a system is positively correlated with its inputs. That is, people assume that the output (the stock) should ''look like" the input (the flow or net flow). We denote such behavior the correlation heuristic. "

165. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2007) – **Understanding Public Complacency about Climate Change: Adults' mental models of climate change violate conservation of matter** – Climatic Change 80:213-238 doi:10.1007/s10584-006-9107-5 – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/StermanSweeney.pdf
"The belief that emissions, atmospheric CO2, and temperature are correlated leads to the erroneous conclusion that a drop in emissions would soon cause a drop in CO2 concentrations and mean global temperature."

166. Matthew A. Cronin and Cleotilde Gonzalez (2007) – **Understanding the building blocks of dynamic systems** – System Dynamics Review 23:1-17 doi:10.1002/sdr.356 – Assistant Professor of Management at George Mason University – http://www.hss.cmu.edu/departments/sds/ddmlab/papers/CroninGonzalezSDRINPRESS.pdf
"We report three empirical studies intended to clarify why individuals misperceive the relationships between stocks and flows … Neither the domain familiarity nor increased motivation helped individuals improve their perception of stock and flow relationships; but it seems that the graphical representation directs attention to flows and not stocks, setting the stage for subsequent mistakes. Individuals attend to the most salient points of a graph rather than comprehending the overall accumulation over time."

167. Matthew A. Cronin et al (2009) – **Why don't well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens** – Organizational Behavior and Human Decision Processes 108:116-130 doi:10.1016/j.obhdp.2008.03.003 – School of Management, George Mason University – 3 autores
"Stock–flow problems, even simple ones, are unintuitive and difficult, even for highly educated people with strong mathematics backgrounds, including calculus [refs]. For example, Booth Sweeney and Sterman (2000) presented graduate students at an elite university with a picture of a bathtub and graphs showing the inflow and outflow of water, then asked them to sketch the trajectory of the stock of water in the tub. Although the patterns were simple, fewer than half responded correctly. We denote such difficulties stock–flow (SF) failure. "

168. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2007) – **Understanding Public Complacency about Climate Change: Adults' mental models of climate change violate conservation of matter** – Climatic Change 80:213-238 doi:10.1007/s10584-006-9107-5 – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/StermanSweeney.pdf
"Despite these generous criteria, fully 84% drew trajectories violating mass balance requirements … Three-fourths violate the equilibrium condition that CO2 stabilization requires emissions equal removal. A large majority, 63%, assert atmospheric CO2 can be stabilized while emissions into the atmosphere exceed removal from it. The violations of the equilibrium condition are large,

averaging 2.8 GtC/year (compared to year 2000 emissions of about 6.5 GtC/year)."

169. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2002) – **Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming** – System Dynamics Review 18(2) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/cloudy_skies1.pdf
"Subjects often select trajectories that violate conservation of matter. Many believe temperature responds immediately to changes in CO2 emissions or concentrations. Still more believe that stabilizing emissions near current rates would stabilize the climate, when in fact emissions would continue to exceed removal, increasing GHG concentrations and radiative forcing. Such beliefs support wait and see policies, but violate basic laws of physics. We discuss implications for education and public policy."

170. John D. Sterman (1989) – **Modeling managerial behavior: misperceptions of feedback in a dynamic decision making experiment** – Management Science 35:321–339 doi:10.1287/mnsc.35.3.321 – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://www.systemdynamics.org/conferences/1988/proceed/sterm334.pdf "The estimation results identify several 'misperceptions of feedback' which account for the poor performance of the subjects. In particular, subjects are shown to be insensitive to the feedbacks from their decisions to the environment. Finally, the generality of the results is considered and implications for behavioral theories of aggregate social and economic dynamics are explored."

171. David C. Lane (2000) – **Should systems dynamics be described as 'hard' or 'deterministic' systems approach?** – Systems Research and Behavioral Science 17:3–22 doi:10.1002/(SICI)1099-1743(200001/02)17:1<3::AID-SRES344>3.0.CO;2-7 – Operational Research Department, London School of Economics and Political Science, University of London
"It is worth commenting that the above pair of discussions has avoided some of the more stridently realistic views expressed within the field of system dynamics. These include Forrester's suggestion (quoted above) that the field's principles capture the nature of social reality and the generally held position that people have `flawed cognitive maps of causal relations' [ref]; i.e., mental models are not `correct'."

172. Peter A. White (1992) – **The anthropomorphic machine: causal order in nature and the world view of common sense** – British Journal of Psychology 83:61–96 doi:10.1111/j.2044-8295.1992.tb02425.x – School of Psychology, University of Wales College of Cardiff
"Results show that people are not naïve systems theorists: they produce fewer feedback loops than would be expected by chance and treat nature as an Aristotelian one-way causal hierarchy in which causal chains are overwhelmingly linear and causal influence is disseminated down from the top level of the system in an anthropomorphic manner involving the action of the causal powers of things."

173. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2002) – **Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming** – System Dynamics Review 18(2) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/cloudy_skies1.pdf
"Subjects, however, regularly violate these basic physics. They consistently

underestimate the delay in the response of temperature to changes in CO2 concentration, selecting trajectories in which temperature responds far too much and too fast. The vast majority believe that temperature should follow the same pattern as CO2 concentration, rising when CO2 is rising and falling when CO2 is falling. "

174. John D. Sterman (2011) – **Communicating climate change risks in a skeptical world** – Climatic Change doi:10.1007/s10584-011-0189-3 – MIT Sloan School of Management – http://www.erb.umich.edu/Research/ColloquiaDocs/StermanClimaticChange2011.pdf

"To be a prudent response to the risks of climate change, wait-and-see policies require short delays in all the links of a long causal chain, stretching from the detection of adverse climate impacts to the implementation of mitigation policies to the resulting emissions reductions to changes in atmospheric GHG concentrations to radiative forcing to surface warming to changes in ice cover, sea level, weather patterns, agricultural productivity, habitat loss and species distribution, extinction rates, and other impacts. Contrary to the logic of "wait and see" there are long delays in every link of the chain."

175. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2002) – **Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming** - System Dynamics Review 18(2) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/cloudy_skies1.pdf

"Unfortunately, the wait-and-see strategy can fail spectacularly in systems with long time delays, multiple feedback processes, and other elements of dynamic complexity [refs]. More and more of the pressing problems facing us as managers and citizens alike involve long delays. The long time scale means there is little opportunity for learning through outcome feedback. Instead, we must rely on models of various types to help us project the likely dynamics of the system."

176. John M. Anderies et al (2007) – **Panaceas, uncertainty, and the robust control framework in sustainability science** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 104:15194-15199 doi:10.1073/pnas.0702655104 – School of Human Evolution and Social Change, + Global Institute of Sustainability – 4 autores

"A critical challenge faced by sustainability science is to develop strategies to cope with highly uncertain social and ecological dynamics. This article explores the use of the robust control framework toward this end … we show that there are no panaceas: even mild robustness properties are difficult to achieve, and increasing robustness to some parameters (e.g., biological parameters) results in decreased robustness with respect to others (e.g., economic parameters) … we focus attention on the importance of a continual learning process and the use of robust control to inform this process."

177. Christian Erik Kampmann andJohn D. Sterman (2014) – **Do markets mitigate misperceptions of feedback?** – System Dynamics Review 30:123–160 doi:10.1002/sdr.1515 – System Dynamics Group, MIT Sloan School of Management

"Experimental studies of dynamic decision making generally show poor performance. Most, however, lack market mechanisms, specifically price setting, while economic theory suggests markets should mitigate individual

decision errors … We find: …Markets moderate but do not eliminate misperceptions of feedback.”
178. Dirk Helbing (2013) – **Globally networked risks and how to respond** – Nature 497:51–59 doi:10.1038/nature12047 – Risk Center, ETH Zurich, Swiss Federal Institute of Technology – http://www.uvm.edu/~cdanfort/csc-reading-group/helbing-nature-2013.pdf
“Furthermore, the combination of nonlinear interactions, network effects, delayed response and randomness may cause a sensitivity to small changes, unique path dependencies, and strong correlations, all of which are hard to understand, prepare for and manage. Each of these factors is already difficult to imagine, but this applies even more to their combination.”
179. Erling Moxnes (1998) – **Not Only the Tragedy of the Commons: Misperceptions of Bioeconomics** – Management Science 44:1234-1248 doi:10.1287/mnsc.44.9.1234 – Foundation for Research in Economics and Business Administration, SNF, Norway
“Fisrt: delays …; Second: stocks and flows…; Third: nonlinearities…; Fourth: learning might be slow…”
180. Matthew A. Cronin et al (2009) – **Why don’t well-educated adults understand accumulation? A challenge to researchers, educators, and citizens** – Organizational Behavior and Human Decision Processes 108:116-130 doi:10.1016/j.obhdp.2008.03.003 – School of Management, George Mason University – 3 autores
“Although most of the experiments allowed participants 10 min to finish the task, most of the participants finished much earlier. Many reported high confidence that their answers were correct, even when they were not.”
181. Jay W. Forrester (1970) – **Counterintuitive behavior of social systems** – En: Collected Papers of Jay W. Forrester. Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press – Massachusetts Institute of Technology – http://www.constitution.org/ps/cbss.pdf
“The human mind is not adapted to interpreting how social systems behave. Social systems belong to the class called multi-loop nonlinear feedback systems. In the long history of evolution it has not been necessary until very recent historical times for people to understand complex feedback systems. Evolutionary processes have not given us the mental ability to interpret properly the dynamic behavior of those complex systems in which we are now imbedded.”
182. Paul R. Ehrlich and Anne H. Ehrlich (2013) – **Can a collapse of global civilization be avoided?** – Proceedings of the Royal society B: Biological Sciences doi:10.1098/rspb.2012.2845 – Department of Biology, Stanford University
“The forces of genetic and cultural selection were not creating brains or institutions capable of looking generations ahead; there would have been no selection pressures in that direction. Indeed, quite the opposite, selection probably favoured mechanisms to keep perception of the environmental background steady so that rapid changes (e.g. leopard approaching) would be obvious [132, pp. 135–136]. ”
183. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
“La pregunta central de World3: ‘¿Cómo van a interactuar la población mundial

y la economía material en expansión con la capacidad de carga limitada de la Tierra y adaptarse a ella en los próximos decenios?'" (p. 233)

184. George E.P. Box and Norman R. Draper (1987) **- Empirical Model-Building and Response Surfaces** – John Wiley, New York – ISBN-13: 978-0471810339 – 688 Págs. – http://www.gbv.de/dms/ilmenau/toc/025308912.PDF
"Essentially, all models are wrong, but some are useful … [so] the practical question is how wrong do they have to be to not be useful."

185. Magne Myrtveit (2005) – **The World Model Controversy** – The System Dynamics Group – Faculty of Social Sciences, University of Bergen – https://bora.uib.no/bitstream/handle/1956/1974/WPSD1.05WorldControversy.pdf
"In this essay I describe System Dynamics and econometrics; the scientific home bases of the two sides in the controversy … The controversy has evolved over three decades, and has not ended. The main questions are still relevant and subject to discussion among scientists, politicians, environmentalists, and ordinary people. "

186. Toni Menninger (2014) – **Growth in a Finite World: Sustainability and the Exponential Function** – http://www.slideshare.net/amenning/growth-in-a-finite-world-sustainability-and-the-exponential-function
"A quantity is said to grow exponentially (or geometrically) if it increases by a constant percentage or fractional rate per unit of time. In other words, the increase per unit of time is proportional to the quantity itself, in contrast with other types of growth (e. g. arithmetic, logistic)."

187. Donella H. Meadows et al (1972) – **The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project for the Predicament of Mankind** – Universe Books New York – Massachusetts Institute of Technology – http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf – 4 autores
"A quantity exhibits exponential growth when it increases by a constant percentage of the whole in a constant time period. A colony of yeast cells in which each cdl divides into two cells every 10 minutes is growing exponentially."

188. Hans J. Schellnhuber (1999) – **Earth system analysis and the Second Copernican Revolution** – Nature 402:C19-C23 – Potsdam Institute for Climate Impact Research – http://www.iterations.com/protected/dwnload_files/earth_system.pdf
"This means that we are confronted ultimately with a control problem, a geo-cybernetic task that can be summed up in three fundamental questions [ref]. "

189. Wilfrid Bach (1980) – **The CO2 issue – what are the realistic options?** – Climatic Change 3:3–5 doi:10.1007/BF02423165 – Center for Applied Climatology and Environ m en tal Studies, The University of Münster
"[a] broad systems approach … to help define some 'threshold' value of CO2-induced climate change beyond which there would likely be a major disruption of the economic, social and political fabric of certain societies … An assessment of such a critical CO2- level ahead of time could help to define those climatic changes, which would be acceptable and those that should be averted if possible."

190. **Scenario for the derivation of global CO2 reduction targets and implementation strategies** – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) – March 1995 – Statement on the

occasion of the First Conference of the Parties to the Framework Convention on Climate Change in Berlin – http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/sondergutachten/sn1995/wbgu_sn1995_engl.pdf
"The special benefit of the inverse analytical approach is that climate is not seen as a problem of prediction, but as one of control: the future of the global environment depends to a significant extent on the CO2 emission profile E(t) of the next centuries, and this profile can be chosen, within certain limits, by humankind."

191. Ragnar Frisch (1933) – **Propagation Problems and Impulse Problems in Dynamic Economics** – En: Economic essays in honour of Gustav Cassel – University of Oslo – http://www.sv.uio.no/econ/om/tall-og-fakta/nobelprisvinnere/ragnar-frisch/published-scientific-work/PPIP%5B1%5D.pdf
"If a cyclical variation is analysed from the point of view of a free oscillation, we have to distinguish between two fundamental problems: first, the propagation problem; second, the impulse problem. "

192. James M. Murphy et al (2014) – **Transient climate changes in a perturbed parameter ensemble of emissions-driven earth system model simulations** – Climate Dynamics 43:2855-2885 doi:10.1007/s00382-014-2097-5 – 7 autores
"Members of our earth system perturbed parameter ensemble (ESPPE) are competitive with CMIP3 and CMIP5 models in their simulations of historical climate."

193. Jeroen van der Sluijs et al (1998) – **Anchoring devices in science for policy: the case of consensus around climate sensitivity** – Social Studies of Science 28:291-323 doi:10.1177/030631298028002004 – Department of Science, Technology and Society, Utrecht University
"We show how the maintained consensus about … climate sensitivity operates as an \`anchoring device' in \`science for policy'. In international assessments of the climate issue, the consensus-estimate of 1.5°C to 4.5°C for climate sensitivity has remained unchanged for two decades … We identify several ways in which the scientists achieved flexibility in maintaining the same numbers for climate sensitivity while accommodating changing scientific ideas."

194. Wallace S. Broecker (1975) – **Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming?** – Science 189:460-463 doi:10.1126/science.189.4201.460 – Lamont-Doherty Geological Observatory and Department of Geological Sciences, Columbia University
"Once this happens, the exponential rise in the atmospheric carbon dioxide content will tend to become a significant factor and by early in the next century will have driven the mean planetary temperature beyond the limits experienced during the last 1000 years."

195. Falkowski et al (2000) – **The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System** – Science 290:291-296 doi:10.1126/science.290.5490.291 – Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University; Co-chairs of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Working Group and lead autores – 17 autores
"Our knowledge of the carbon cycle … is sufficiently extensive to permit us to conclude that … there is no natural 'savior' waiting to assimilate all the anthropogenically produced CO2 … Our knowledge is insufficient to describe

the interactions between the components of the Earth system and the relationship between the carbon cycle and other biogeochemical and climatological processes. Overcoming this limitation requires a systems approach."

196. Ying Sun et al (2014) – **Impact of mesophyll diffusion on estimated global land CO2 fertilization** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS doi:10.1073/pnas.1418075111 – Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin – 6 autores
" The magnitude of CO2 fertilization underestimation matches the long-term positive growth bias in the historical atmospheric CO2 predicted by Earth system models. Our study will lead to improved understanding and modeling of carbon–climate feedbacks. "

197. Klaus Hasselmann (1976) – **Stochastic climate models – Part I. Theory** – Tellus 28:473-485 doi:10.1111/j.2153-3490.1976.tb00696.x – Max-Planck-Institut für Meteorologie – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2153-3490.1976.tb00696.x/pdf
"Without stabilising feedback, the model predicts a continuous increase in climate variability … Stabilising feedback yields a statistically stationary climate probability distribution. Feedback also results in a finite degree of climate predictability, but for a stationary climate the predictability is limited to maximal skill parameters of order 0.5."

198. Claude Frankignoul and Klaus Hasselmann (1977) – **Stochastic climate models – Part II. Application to sea-surface temperature anomalies and thermocline variability** – Tellus 29:289–305 doi:10.1111/j.2153-3490.1977.tb00740.x – Max-Planck-Institut für Meteorologie – ftp://mana.soest.hawaii.edu/pub/rlukas/LSASI/stochastic%20models/FrankignoulHasselmann.Tellus,1977.pdf
"The model reproduces the principal features and orders of magnitude of the observed SST anomalies in mid-latitudes … The results suggest that short-time-scale atmospheric forcing should be regarded as a possible candidate for the origin of large-scale, low-period variability in the seasonal thermocline."

199. H. Glanz et al (1988) – **Exploring the concept of Climate Surprises. A review of the Literature on the Concept of Surprise and How It Is Related to Climate Change** – Prepared for the U.S. Depatment of Energy, Office of Energy Research – National Center for Atmospheric Research – http://www.osti.gov/bridge/servlets/purl/666195-n7Ll3o/webviewable/666195.pdf – 6 autores
"The report concludes that some kinds of surprises are simply unpredictable, but there are several types that could in some way be anticipated and assessed , and their negative effects forestalled."

200. G. Lockwood (2001) **- Abrupt and Sudden Climatic Transitions and Fluctuations: A Review** – International Journal of Climatology 21:1153-1179 doi:10.1002/joc.630
"The climatic system is viewed as a dissipative, highly non-linear system, under non-equilibrium conditions, and, as such, should be expected to have some unusual properties. These unusual properties include bifurcation points with marked instability just before the point, magnification of semi-periodic oscillations around bifurcation points, and variations in the strength of teleconnections with distance from equilibrium … The Holocene appears to be no more climatically benign than the similar period in the Eemian."

201. Timothy M. Lenton et al (2008) – **Tipping elements in the Earth's climate system** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 105:1786-1793 doi:10.1073/pnas.0705414105 School of Environmental Sciences, University of East Anglia, + Tyndall Centre for Climate Change Research – http://www.pnas.org/content/105/6/1786.full.pdf – 7 autores
"Complexity, often used informally, has a specific meaning—the average number of trophic links per species (sometimes called linkage density). Connectance is linkage density divided by the number of species in the web (refs)."

202. Paul A. T. Higgins et al (2002) – **Dynamics of climate and ecosystem coupling: abrupt changes and multiple equilibria** – Philosophical Transactions of the Royal Society of London B 357:647-655 doi 10.1098/rstb.2001.1043 – Department of Biological Sciences, and Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford University – 3 autores
"Interactions between subunits of the global climate–biosphere system (e.g. atmosphere, ocean, biosphere and cryosphere) often lead to behaviour that is not evident when each subunit is viewed in isolation … the social and economic consequences of possible global changes are likely to be underestimated in most conventional analyses because these nonlinear, abrupt and irreversible responses are insufficiently considered."

203. Susana L.D. Paiva et al (2014) – **Global warming description using Daisyworld model with greenhouse gases** – Biosystems 125:1–15 doi:10.1016/j.biosystems.2014.09.008 – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE – Department of Mechanical Engineering – 4 autores
"Numerical simulations are carried out showing the general qualitative behavior of the Daisyworld for different scenarios that includes solar luminosity variations and greenhouse gases effect. Nonlinear dynamics perspective is of concern discussing a way that helps the comprehension of the global warming phenomenon."

204. Carlos de Castro Carranza (2013) – **En defensa de una teoría Gaia orgánica** – Ecosistemas 22:113-118 doi:10.7818/ECOS.2013.22-2.17
"Puede que el darvinismo y el neodarvinismo expliquen para sus proponentes el origen y, también, el comportamiento ecológico de los organismos. Sin embargo, a partir de la escala de los ecosistemas tiene claras dificultades explicativas [refs]. Una teoría orgánica de Gaia no tiene pues por qué buscar la compatibilidad con la teoría de Darwin, ya que sus ámbitos de aplicación son diferentes."

205. James Lovelock (2006) – **La venjança de la Terra** – Columna Edicions Barcelona – ISBN: 978-84-6640792-2 – 260 Págs.
"Si un sol bacteri es dividís i repetís aquesta divisió cada vint minuts, sempre que no hi haguessin limitacions per al creixement i que el proveïment de menjar fos il·limitat, en només dos dies la progènie total pesaria tant com la Terra … Ara sabem que algunes propietats globals i el clima fixen els límits que aporten estabilitat … Si el sistema de la Terra, Gaia, pogués expressar alguna preferència, seria per la fredor d'una era glacial, no pas per la relativa calor actual."

206. Mikhail Budyko (1969) – **The effect of solar radiation variations on the climate of the Earth** – Tellus 21:611-619 doi:10.1111/j.2153-3490.1969.tb00466.x – Main Geophysical Observatory, Leningrad – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.2153-3490.1969.tb00466.x/pdf

"Taking into account the influence of changes of planetary albedo of the Earth under the development of glaciations on the thermal regime, it is found that comparatively small variations of atmospheric transparency could be sufficient for the development of quaternary glaciations."

207. Michael Ghil (1976) – **Climate stability for a Sellers-type model** – Journal of the Atmospheric Sciences 33:3-20 doi:10.1175/1520-0469(1976)033<0003:CSFAST>2.0.CO;2 – Courant Institute of Mathematical Sciences, New York University – http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0469(1976)033%3C0003%3ACSFAST%3E2.0.CO%3B2
"We investigate the stability under small perturbations of the main model's climates. A stability criterion is derived, and its application shows that the 'present climate' and the 'deep freeze' are stable, whereas the model's glacial is unstable."

208. Stephen H. Schneider and Starley L. Thompson (2000) – **A Simple Climate Model Used in Economic Studies of Global Change** – Department of Biological Sciences, Stanford University – http://stephenschneider.stanford.edu/Publications/PDF_Papers/ASimpleClimateModel.pdf
"The only difference between these radically different policies is the assumed climate damage associated with a given level of smoothly varying climate change. While the use of a probability distribution of damage functions clearly expands the range of optimal policies the model 'recommends,' to date none of the many studies using DICE with alternative formulations or parameters1 has used a climate model that produces rapid non-linear events."

209. Michael D. Mastrandrea and Stephen H. Schneider (2001) – **Integrated assessment of abrupt climatic changes** – Climate Policy 1:433-449 doi:10.3763/cpol.2001.0146 – Department of Geological and Environmental Sciences, Stanford University; Department of Biological Sciences, Stanford University – http://web.stanford.edu/~mikemas/publications/IntegratedAssessment.pdf
"The DICE model makes no attempt to incorporate certain non-linear behaviors found in more complex general circulation models (GCMs) [refs] or observed in nature [refs] … – no discontinuities in the slope of the time-evolving changes – given a smooth CO2 increase scenario. However, when forced by certain smooth emissions scenarios, GCMs can display abrupt non-linear responses."

210. Bernard Etkin (2010) – **A state space view of the ice ages – a new look at familiar data** – Climatic Change 100:403-406 doi:10.1007/s10584-010-9821-x – Professor Emeritus, Institute for Aerospace Studies, University of Toronto
"Since the oceans have a heat capacity several thousand times that of the atmosphere, it is reasonable to expect that they will dominate the heat-absorption process for a long time, and will continue to cool the atmosphere until those two parts of the system approach thermal equilibrium. Sooner or later, as heat transfers work their way through the system, more of the solar heat will reappear in the atmosphere and the slope of the graph can be expected to increase rapidly as that time is approached. "

211. K. Misra and Maitri Verma (2013) – **A mathematical model to study the dynamics of carbon dioxide gas in the atmosphere** – Applied Mathematics and Computation 219:8595–8609 doi:10.1016/j.amc.2013.02.058 –

Department of Mathematics, Faculty of Science, Banaras Hindu University
"The proposed model has four equilibria, and conditions for the existence of these equilibria have been obtained … The stability and direction of these bifurcating periodic solutions are analyzed by using center manifold theory. Numerical simulation is performed to support theoretical results."

212. Jørgen Randers (2012) – **2052: A Global Forecast for the Next Forty Years** – Chelsea Green Publishing – Professor of Climate Strategy, BI Norwegian Business School; Sustainability Council, The Dow Chemical Company – ISBN-13: 978-1603584210 – 416 Págs. – http://www.2052.info/
"I basically believe that we will see the same rate of technological and societal change over the next forty years as we have seen over the last forty years. That is because the drivers will be the same and the organization of global society is unlikely to change discontinuously." (p. 61)

213. S. Holling (1973) – **Resilience and stability of ecological systems** – Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23 – Institute of Resource Ecology. University of British Columbia – http://www.uni-kassel.de/beckenbach/files/pdfs/lehre/advanced_economics/WS11_12/Texte/Holling_ResilStabilEcolSys.pdf
"An equilibrium centered view is essentially static and provides little insight into the transient behavior of systems that are not near the equilibrium. Natural, undisturbed systems are likely to be continually in a transient state; they will be equally so under the influence of man. As man's numbers and economic demands increase, his use of resources shifts equilibrium states and moves populations away from equilibria."

214. Eli Rabett – **L'Affaire Bengtsson** – Rabett Run, 16/05/2014 – http://rabett.blogspot.co.uk/2014/05/laffaire-bengtsson.html
"A typical example is the following comment that he made on January 23 of this year: It's a shame that the GDR disappeared otherwise would have been able to offer one-way tickets there for these socialists. Now there's unfortunately not many orthodox countries left soon and I surely do not imagine our romantic green Communists want a one-way ticket to North Korea."

215. Brendan Montague (2014) – **The Day Thatcher Met Hayek – and How this Led to Privatisation** – Desmogblog, 28/09/2014 – http://www.desmog.uk/2014/09/29/day-thatcher-met-hayek-and-how-led-privatisation
"Prime Minister Margaret Thatcher meets free market economist Friedrich von Hayek at IEA. She appoints Lord Lawson and they direct privatisation of British energy interests."

216. Lennart Bengtsson – **My view on climate research** – Uppsala Initiativet, 21/05/2014 – Environmental Systems Science Centr, University of Reading – http://uppsalainitiativet.blogspot.com.es/2014/05/guest-post-by-lennart-bengtsson-my-view.html
"Climate is nothing but the sum of all weather events during some representative period of time."

217. Ray Bates (2010) – **Climate stability and sensitivity in some simple conceptual models** – Climate Dynamics 38:455-473 doi:10.1007/s00382-010-0966-0 – School of Mathematical Sciences + Meteorology and Climate Centre, University College Dublin – http://www.ima.org.uk/_db/_documents/Bates.pdf
"Some unexpected outcomes are found in this case. These include the possibility

of a negative global-mean temperature response to a positive global-mean forcing, and vice versa."

218. Previdi et al (2013) – **Climate sensitivity in the Anthropocene** – Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 139:1121–1131 doi:10.1002/qj.2165 – Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University – http://www.nwra.com/resumes/liepert/liepert/Home_files/Previdi_et_al_2013_QJRMS.pdf – 12 autores
"The Earth system climate sensitivity is difficult to quantify due to the lack of palaeo-analogues for the present-day anthropogenic forcing, and the fact that ice sheet and climate–GHG feedbacks have yet to become globally significant in the Anthropocene. Furthermore, current models are unable to adequately simulate the physics of ice sheet decay and certain aspects of the natural carbon and nitrogen cycles. Obtaining quantitative estimates of the Earth system sensitivity is therefore a high priority for future work."

219. R. Bates (2007) – **Some considerations of the concept of climate feedback** – Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society 133:545-560 doi:10.1002/qj.62 – School of Mathematical Sciences, University College Dublin – http://www.gfy.ku.dk/~kaas/forc&feedb2008/Articles/JR%20Bates.pdf
"The main purpose of the present paper is to show that stability-altering feedback and sensitivity-altering feedback as used in climate are two separate concepts, and that neither of them coincides with the concept of feedback as defined in control theory or in electronics. The signs of stability-altering and sensitivity-altering feedback coincide for the simple case of a zero-dimensional climate model, but not necessarily if the model is extended to include two zones with dynamical interaction between them."

220. Michael Ghil (2013) – **A Mathematical Theory of Climate Sensitivity or, How to Deal With Both Anthropogenic Forcing and Natural Variability?** – World Scientific Review, 29/01/2013 – Ecole Normale Supérieure, Paris + University of California, Los Angeles – http://web.atmos.ucla.edu/tcd/PREPRINTS/Ghil-A_Met_Soc_refs-rev'd_vf-black_only.pdf
"There are two basic approaches to apprehend the complexity of climate change: deterministically nonlinear and stochastically linear, i.e. the Lorenz and the Hasselmann approach. The grand unification of these two approaches relies on the theory of random dynamical systems. We apply this theory to study the random attractors of nonlinear, stochastically perturbed climate models. Doing so allows one to examine the interaction of internal climate variability with the forcing, whether natural or anthropogenic, and to take into account the climate system's non-equilibrium behavior in determining climate sensitivity."

221. Jean-Philippe Bouchaud (2009) – **Economics needs a scientific revolution** – Nature 455:1181 doi:10.1038/4551181a – Head of research of Capital Fund Management and a physics professor at École Polytechnique in France – http://www.paecon.net/PAEReview/issue48/Bouchaud48.pdf
"The supposed omniscience and perfect efficacy of a free market stems from economic work done in the 1950s and 1960s, which with hindsight looks more like propaganda against communism than plausible science."

222. Stephen E. Schwartz (2010) – **Feedback and sensitivity in an electrical circuit: an analog for climate models** – Climatic Change doi:10.1007/s10584-010-9903-9 – Atmospheric Sciences Division, Brookhaven National Laboratory

"Here a simple and readily understood electrical resistance circuit is examined in terms of feedback theory to introduce and define the terminology that is used to quantify feedbacks. This formalism is applied to the feedbacks in an energy-balance model of Earth's climate and used to interpret the magnitude of feedback in the climate system that corresponds to present estimates of Earth's climate sensitivity."

223. E. Schwartz (2011) – **Comment on "Climate sensitivity in the Anthropocene"** – Earth System Dynamics Discussion 3:143–147 doi:10.5194/esdd-3-143-2012 – Brookhaven National Laboratory – http://www.earth-syst-dynam-discuss.net/3/143/2012/esdd-3-143-2012-print.pdf
"Attention is called to several inconsistencies and errors in the definition and interpretation of quantities relating to climate sensitivity and feedbacks in the discussions paper "Climate sensitivity in the Anthropocene" by Previdi et al. (2011)."

224. N. Livina et al (2011) – **Changing climate states and stability: from Pliocene to present** - Climate Dynamics doi:10.1007/s00382-010-0980-2 – School of Environmental Sciences, University of East Anglia – 5 autores
"It has been suggested (Benzi et al. 1983; Hasselmann 1999; Kravtsov et al. 2005) that a stochastic equation with double-well potential is an appropriate minimal model for characterizing the Earth's climate under certain boundary conditions. This encapsulates the proposition that the climate system can ''oscillate'' between two stable states defined by the potential wells (possibly of different levels). It may be particularly appropriate for the D-O events during the last ice age (Ganopolski and Rahmstorf 2002)."

225. R. Raupach (2013) – **The exponential eigenmodes of the carbon-climate system, and their implications for ratios of responses to forcings** – Earth System Dynamics 4:31-49 doi:10.5194/esd-4-31-2013 – CSIRO Marine and Atmospheric Research – http://www.earth-syst-dynam.net/4/31/2013/esd-4-31-2013.pdf
"Several basic ratios of responses to forcings in the carbon-climate system are observed to be relatively steady. Examples include the CO2 airborne fraction (the fraction of the total anthropogenic CO2 emission flux that accumulates in the atmosphere) and the ratio T/QE of warming (T) to cumulative total CO2 emissions (QE). This paper explores the reason for such near-constancy in the past, and its likely limitations in future … This theory establishes a basis for the widely assumed proportionality between T and QE, and identifies the limits of this relationship."

226. Peter C. Young and H. Garnier (2006) – **Identification and estimation of continuous-time, data-based mechanistic (DBM) models for environmental systems** – Environmental Modelling & Software 21:1055-1072 doi:10.1016/j.envsoft.2005.05.007 – Centre for Research on Environmental Systems and Statistics, Institute of Environmental and Natural Sciences, Lancaster Univeversity; Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University + Centre de Recherche en Automatique de Nancy (CRAN – UMR 7039 CNRS-UHP-INPL), Université Henri Poincaré
"Finally, the paper describes how this SDP approach has been used to identify, estimate and control a nonlinear differential equation model of global carbon cycle dynamics and global warming."

227. Alexey V. Eliseev and Igor I. Mokhov (2008) – **Eventual Saturation of the Climate-Carbon Cycle Feedback Studied with a Conceptual Model** –

Ecological Modelling 213:127–132 doi:10.1016/j.ecolmodel.2007.11.015 – A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow
"It is argued that an eventual saturation of the climate–carbon cycle feedback is expected to occur also in the other integrations of sufficient length with coupled climate–carbon cycle models."

228. Daniel A. Lashof (1988) – **The dynamic greenhouse: Feedback processes that may influence future concentrations of atmospheric trace gases and climatic change** – Climatic Change 14:213-242 doi:10.1007/BF00134964 – U.S. Environmental Protection Agency
"The potentially most significant biogeochemical feedbacks are probably release of methane hydrates, changes in ocean chemistry, biology, and circulation, and changes in the albedo of the global vegetation. While each of these feedbacks is modest compared to the water vapor feedback, the biogeochemical feedbacks in combination have the potential to substantially increase the climate change associated with any given initial forcing."

229. Damon Matthews et al (2007) – **What determines the magnitude of carbon cycle-climate feedbacks** – Global Biogeochemical Cycles 21 GB2012 doi:10.1029/2006GB002733 – Department of Geography, Planning and Environment, Concordia University – http://www.mcgill.ca/files/gec3/Matthewsetal2007_GBC.pdf – 5 autores
"Positive feedbacks between climate change and the carbon cycle have the potential to amplify the growth of atmospheric carbon dioxide and accelerate future climate warming … In all simulations, large feedbacks are associated with a climatic suppression of terrestrial primary productivity and consequent reduction of terrestrial carbon uptake. This process is particularly evident in the tropics and can explain a large part of the range of carbon cycle-climate feedbacks simulated by different coupled climate-carbon models."

230. Wieczorek et al (2011) – **Excitability in ramped systems: the compost-bomb instability** – Proceedings of the Royal Society A 467:1243-1269 doi:10.1098/rspa.2010.0485 – Mathematics Research Institute, University of Exeter – http://rspa.royalsocietypublishing.org/content/early/2011/05/05/rspa.2011.0222.full.pdf+html – 4 autores
"Results in figure 7b suggest that about 20 years of global warming at a constant rate vc ≈0.09 (◦Cyr−1) may already cause spontaneous combustion of peatlands … as the rate of global warming is increased to v =0.09 (◦Cyr−1) >vc (figure 8b), the folded singularity F and the excitability threshold shift their position such that the same initial condition is now above the excitability threshold. As a result, the ramped system reaches the fold of the slow manifold and exhibits an explosive increase in the soil temperature, T, associated with a catastrophic release of soil carbon into the atmosphere."

231. Alessio Alexiadis (2007) – **Global warming and human activity: A model for studying the potential instability of the carbon dioxide/temperature feedback mechanism** – Ecological Modelling 203:243-256 doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.11.020 – UCY-CompSci, European Marie Curie Transfer of Knowledge Center (TOK-DEV) for the Computational Sciences, Department of Mechanical and Manufacturing Engineering , University of Cyprus
"This means that there is a 14% chance that the pole is already in the unstable region and that the temperatures and the concentrations that we experience today

are just the initial transient of the typical run-away behavior of an unstable system."
232. **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** – Rio de Janeiro, 1992 – http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf
"Lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático; ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible"
233. Martin Parry et al (2001) – **Millions at risk: defining critical climate change threats and targets** – Global Environmental Change 11:181–183 – School of Environmental Sciences, Jackson Environment Institute, University of East Anglia – http://www.greenpeace.org/raw/content/international/press/reports/millions-at-risk.pdf – 10 autores
"Now we may argue, for example, that in order to keep damages below an agreed tolerable level (for example, a given number of additional people at risk) global temperature increases would need to be kept below a given amount; and emissions targets could then be developed to achieve that objective. Fourthly, it is clear that mitigation alone will not solve the problem of climate change."
234. R. Bates (2007) – **Some considerations of the concept of climate feedback** – Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society 133:545-560 doi:10.1002/qj.62 – School of Mathematical Sciences, University College Dublin – http://www.gfy.ku.dk/~kaas/forc&feedb2008/Articles/JR%20Bates.pdf
"Neither of them corresponds to the concept of feedback used in control theory, though each of them describes a specific aspect of a system's behaviour that is of interest in control theory."
235. C Boerlijst et al (2013) – **Catastrophic Collapse Can Occur without Early Warning: Examples of Silent Catastrophes in Structured Ecological Models** – PLoS ONE 8:e62033 doi:10.1371/journal.pone.0062033 – Theoretical Ecology, Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam – http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0062033&representation=PDF – 3 autores
"Our results demonstrate that claims on the universality of early warning signals are not correct, and that catastrophic collapses can occur without prior warning. In order to correctly predict a collapse and determine whether early warning signals precede the collapse, detailed knowledge of the mathematical structure of the approaching bifurcation is necessary. Unfortunately, such knowledge is often only obtained after the collapse has already occurred."
236. Peter Ditlevsen (2010) – **Tipping points: Early warning and wishful thinking** – Geophysical Research Letters 37 L19703 doi:10.1029/2010GL044486 – University of Copenhagen, Niels Bohr Institute, Centre for Ice and Climate – http://www.gfy.ku.dk/~pditlev/papers/2010GL044486.pdf
"The early warning of climate changes or structural change in any dynamical system driven through a bifurcation, can only be obtained if increase in both variance and autocorrelation is observed. Conclusions drawn based solely on

one of the signals and not the other are invalid. Furthermore, detecting increased autocorrelation, or critical slow down, with statistical significance is difficult."

237. Tim O'Riordan and Tim Lenton (2011) **- Tackling tipping points** – British Academy Review 18:21-27 – Professor Emeritus of Environmental Sciences, University of East Anglia + Fellow of the British Academy; Chair in Climate Change/Earth SystemsScience at the University of Exeter
"Crucially, the zone of declining resilience that takes place before a tipping point occurs produces identifiable early warning signals … However, not every type of abrupt transition carries early warning signals. We need to be aware that the Earth system can sometimes bite without growling beforehand."

238. Chris A. Boulton, Lesley C. Allison and Timothy M. Lenton (2014) – **Early warning signals of Atlantic Meridional Overturning Circulation collapse in a fully coupled climate model** – Nature Communications 5:5752 doi:10.1038/ncomms6752 – Earth System Science, College of Life and Environmental Sciences, University of Exeter – http://www.nature.com/ncomms/2014/141208/ncomms6752/pdf/ncomms6752.pdf
"They give up to 250 years warning before AMOC collapse, after ~550 years of monitoring. Future work is needed to clarify suggested dynamical mechanisms driving critical slowing down as the AMOC collapse is approached."

239. Carlos de Castro Carranza – **Mitos culturales y colapso de nuestra Civilización** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2310
"Aunque la mayoría humana sentada en un diván o arrodillada en un confesionario reconocería que Au y Falo son dañinos, esto no es así para el dios Tecnos. Vivimos en el apogeo de su poder … Aunque no hemos vencido ninguno de los mitos culturales (oro y machismo) hemos encumbrado el mito del progreso tecnológico a lo más alto."

240. Lewis Mumford (1967) – **El mito de la máquina** – Pepitas de calabaza – ISBN-13: 978-8493767129 – 556 Págs. -
"Leonardo da Vinci: ¿Qué método de guerra hay que pueda infligir mayor daño al enemigo que el poder de privarle de sus cosechas? ¿Qué combate naval puede compararse con aquél que libraría quien tuviese el dominio de los vientos y pudiera causar ruinosas tempestades que hundirían hasta a la flota más poderosa? En verdad, quien dominase tan irresistibles fuerzas se convertiría en el señor de todas las naciones y no habrá capacidad humana que pueda oponerse a tan destructivo poder." (p. 477)

241. Clive Hamilton (2013) – **Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering** – Yale University Press – Professor of Public Ethics, Charles Sturt University – ISBN-13: 978-0300186673 – 264 Págs.
"Allenby is certain that engineering an artificial world can be carried by the free market … Allenby has joined the small but influential group of 'luke-warmists', those who cannot be accused of denying climate science but consistently emphasize the uncertainties, downplay the risks and defend the prevailing order against policies that seem to threaten it." (p. 111,112)

242. Bob Dreyfuss – **Hawks, UAE Ambassador Want War with Iran** – The Nation, 09/07/2010 – http://www.thenation.com/blog/37220/hawks-uae-ambassador-want-war-iran#
"The Bipartisan Policy Center, a collection of neoconservatives, hawks, and

neoliberal interventionists is calling once again for war preparations against Iran, in its June 23 report, 'Meeting the Challenge: When Time Runs Out.'"

243. John Vidal – **Big names behind US push for geoengineering** – The Guardian, 06/10/2011 – http://www.theguardian.com/environment/blog/2011/oct/06/us-push-geoengineering

"So what is the [Bipartisan Policy Center] and should we take this non-profit group seriously? For a start these guys – and they are indeed mostly men – are not bipartisan in any sense that the British would understand. The operation is part-funded by big oil, pharmaceutical and biotechnology companies, and while it claims to "represent a consensus among what have historically been divergent views," it appears to actually represent the most powerful US academic, military, scientific and corporate interests. It lobbies for free trade, US military supremacy and corporate power."

244. Eric Bickel & Lee Lane (2010) – **An Analysis of Climate Engineering as a Response to Climate Change** – Copenhagen Consensus Center – The Center for International Energy and Environmental Policy, The University of Texas at Austin; American Enterprise Institute for Public Policy Research – http://faculty.engr.utexas.edu/bickel/Papers/AP_Climate%20Engineering_Bickel_Lane_v%205%200.pdf

"We estimate that the benefit of a single watt per square meter of SRM results in almost a 35% decrease in climate damages and abatement costs (over $6 trillion) under an emissions control regime of optimal abatement. Furthermore, when considering only the impact on temperature, we show that a single watt per square meter of SRM has the same economic benefit as capturing and sequestering almost 65% of yearly CO2 emissions, which, in conjunction with AC's significant costs, argues in favor of SRM in the near term. In addition to quantitative benefit and cost estimates, we stress the potential importance of transaction costs and "political market failures." Some of these costs could be significant, but may be less so than with other strategies for coping with climate change. "

245. Col Tamzy J. House et al (1996) – **Weather as a force multiplier: Owning the weather in 2025** – A Research Paper Presented To Air Force 2025 – http://www.geoengineeringwatch.org/documents/vol3ch15.pdf

"Technology advancements in five major areas are necessary for an integrated weather-modification capability: (1) advanced nonlinear modeling techniques, (2) computational capability, (3) information gathering and transmission, (4) a global sensor array, and (5) weather intervention techniques. Some intervention tools exist today and others may be developed and refined in the future."

246. Eli Kintisch (2009) – **DARPA to explore geoengineering** – Science Insider, 14/03/2009 – http://news.sciencemag.org/2009/03/darpa-explore-geoengineering

"But other scientists worry that military support for the work could create the public impression that the work was meant to harm. "The last thing we need is to have DARPA developing climate-intervention technology," says Caldeira. He says he agreed to go to the meeting "to try to get DARPA not to develop geoengineering techniques. Geoengineering is already so fraught with social, geopolitical, economic, and ethical issues; why would we want to add military dimensions?" He adds, however, that he would support DARPA studying the topic in case an adversary were to use it."

247. Clive Hamilton (2013) – **Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering** – Yale University Press – Professor of Public Ethics, Charles Sturt University – ISBN-13: 978-0300186673 – 264 Págs.
"More interesting was the explicit attempts to locate decision-making over geoengineering in the White House." [p. 131)

248. Clive Hamilton (2013) – **Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering** – Yale University Press – Professor of Public Ethics, Charles Sturt University – ISBN-13: 978-0300186673 – 264 Págs. -
"What is disturbing is that Lane and Bickel count the ability to by-pass democracy as one of the benefits of solar radiation management as a response to climate change." (p. 119-120)

249. Ross Hoffman (2002) – **Controlling the global weather** – Bulletin of the American Meteorological Society 83:241–248 doi:10.1175/1520-0477(2002)083<0241:CTGW>2.3.CO;2 – Atmospheric and Environmental Research, Inc. – http://agriculturedefensecoalition.org/sites/default/files/pdfs/5G_2002_Weather_Hoffman_February_2002_Controlling_the_Global_Weather_Jets.pdf
"Just imagine: no droughts, no tornadoes, no snowstorms during rush hour, etc. We probably cannot eliminate hurricanes, but we might be able to control the paths of hurricanes, and essentially prevent hurricanes from striking population centers. Our goal is not to change the climate, but to control the precise timing and paths of weather systems."

250. Alan Robock (2009) – **A biased economic analysis of geoengineering** – Real Climate, 11/08/2009 – Rutgers University – http://www.realclimate.org/index.php/archives/2009/08/a-biased-economic-analysis-of-geoengineering/comment-page-7/
"But Bickel and Lane ignore the effects of ocean acidification from continued CO_2 emissions, dismissing this as a lost cause. Even without global warming, reducing CO_2 emissions is needed to do the best we can to save the ocean."

251. Naomi Klein (2014) – **This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate** – Penguin Random House – ISBN 978-0-307-40199-1 – 566 Págs. – https://pdf.yt/d/Skb-ch_k7psDm90Q
"Bill Gates has a similar firewall between mouthand money. Though he professes great concern about climate change, the Gates Foundation had at least $1,2 billion invested in two oil giants, BP and ExxonMobil, as of December 2013, and those are only the beginning of his fossil fuel holdings [ref]." (p. 236) – Ver también http://vimeo.com/112980156

252. Alexander Laszlo and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
"Complete control is viewed as an illusion in real-world systems interventions. This sub-branch of critical systems thinking swings the pendulum back toward ontological considerations. "

253. Oliver Morton (2007) – **Climate Change: Is this what it takes to save the world?** – Nature 447:132-136 doi:10.1038/447132a – Nature's chief news and features editor
"Although models agree that the world will warm and climatic patterns will change as carbon dioxide rises, they don't agree on the amount of warming or

the patterns of change. Indeed, that uncertainty is one of the reasons that climate change is such a difficult issue. “How can you engineer a system whose behaviour you don’t understand?” asks Ronald Prinn, a climate scientist at the Massachusetts Institute of Technology in Cambridge. One answer to this question is “as carefully and reversibly as you can”. Caldeira and MacCracken have now joined Wood and Benford to investigate a radiation-management proposal aimed at the Arctic.”

254. Clive Hamilton (2013) – **Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering** – Yale University Press – Professor of Public Ethics, Charles Sturt University – ISBN-13: 978-0300186673 – 264 Págs.
“Instead climate change jeopardizing the system in which they identify, geoengineering would represent the triumph of ‘man over nature’.” (p. 91)

255. David W. Keith (2000) – **Geoengineering the Climate: History and Prospect** – Annual Review of Energy and Environment 25:245-84 doi:10.1146/annurev.energy.25.1.245 – Department of Enginering and Public Policy, Carnegie Mellon University – http://keith.seas.harvard.edu/papers/26.Keith.2000.GeoengineeringHistoryandProspect.e.pdf
“Assessment of geoengineering is reviewed under various framings including economics, risk, politics, and environmental ethics. Finally, arguments are presented for the importance of explicit debate about the implications of countervailing measures such as geoengineering.”

256. Alessio Alexiadis, comunicación personal

257. Alexander Laszlo and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
“The transdisciplinary endeavor of the systems approach was not restricted to the hard sciences but began to spread to the humanities as well. A 1953 letter from economist Boulding addressed to von Bertalanffy summarizes the situation. ”

258. Georgi M. Dimirovski et al (2006) – **Control system approaches for sustainable development and instability management in the globalization age** – Annual Reviews in Control 30:103-115 doi:10.1016/j.arcontrol.2006.01.004 – Member of the Technical Board and Chair of CC-9 on Social Systems of IFAC + Professor of Automation and Systems Engineering, SS Cyril and Methodius University, Skopje + Professor of Computer Science and Information Technologies, Dogus University, Istanbul – 6 autores
“3. Modelling and control in social systems: … The main consequence is that human centred systems are rather complex systems with a diversity of dynamic phenomena. Secondly, it should be noted that the world is about systemic structures that are inherently non-causal systems. Furthermore, these are only partially identifiable (Mansour, 2001), only partially observable and are likely to be only partially controllable (Dimirovski, 2001b).”

259. Mohammed Mansour (2002) – **Systems theory and human science** – Annual Reviews in Control 26:1–13 doi:10.1016/S1367-5788(02)80004-9 – Department of Automatic Control, Swiss Federal Institute of Technology – ftp://164.41.49.96/Usuarios/Luis/BACKUP/UNB/Aulas%20do%20Ishihara/Aul

as_Controle/Aula%20Controle%20Dinamico04/Rascunhos/IntroducaoControleADL/SystemasHumanos.pdf
"In this paper, the relevance of system theory for modeling and investigating problem in human science and human centered systems as well as the mutual relationship between systems theory and human science are explored. It is not a completed research but rather ideas and thoughts which need further investigations."

260. Talcott Parsons (1951) – **The Social System** – Quid Pro, LLC – ISBN-13: 978-1610271394 – 446 Págs. – http://home.ku.edu.tr/~mbaker/CSHS503/TalcottParsonsSocialSystem.pdf
"Bryan S.Turner (1991): One problem with the criticism of Parsons in the 1960s was that it typically focused on a narrow range of Parsons' own work, specifically The Social System. .. As a result of these contemporary evaluations of Parsons' complete contribution to sociology, many of the conventional objections to Parsons no longer appear so compelling or convincing. It is also important to point out (as a moral evaluation of Parsons as a person) that Parsons attempted to reply systematically to his critics."

261. Talcott Parsons (1937) – **The Structure of Social Action** – Free Press; 2 edition – ISBN-13: 978-0029242407 – 470 Págs.
"It is in this sense of the borderline field between science on the one hand, logic and epistemology on the other, that the term "methodology" as used in this work should be understood Its reference is thus not primarily to "methods" of empirical research such as statistics, case study, interview and the like. These latter it is preferable to call research techniques."

262. Talcott Parsons (1983) – **The Structure and Change of the Social System** – Edited by Washio Kurata; lectures from Parsons' second visit to Japan

263. Niklas Luhmann (2006) – **System as Difference** – Organization 13:37–57 doi:10.1177/1350508406059638 – http://steffenroth.files.wordpress.com/2012/03/systems-as-difference.pdf
"Already Parsons had spoken of 'boundary maintenance' and thus changed the definition of a system … Already here, the reproach of conservatism that is often levelled against systems theory and aims at the structural level had become meaningless."

264. Eguzki Urteaga (2010) – **La teoría de sistemas de Niklas Luhmann** – Contrastes. Revista Internacional de Filosofía XV:301-317 – Departamento de Sociología, Universidad del País Vasco – http://www.uma.es/contrastes/pdfs/015/ContrastesXV-16.pdf
"Sociólogo alemán profundamente original y difícilmente clasificable, Niklas Luhmann (1927- 1998) ha elaborado una teoría ambiciosa y coherente en la que describe la sociedad moderna como un sistema … Niklas Luhmman ha construido una de las obras más fecundas y singulares del siglo XX. De manera más precisa, el objetivo de este artículo es analizar su teoría de los sistemas."

265. Niklas Luhmann (1996) – **Introducción a la teoría de sistemas** – Universidad Iberoamericana; Barcelona : Anthropos

266. Anthony Giddens (1984) – **The Constitution of Society: Outline of the theory of structuration** – University of California Press; New Ed edition – ISBN: 0-520-05728-7 – 417 Págs.

267. John D. Sterman (1994) – **Learning in and about complex systems** – System Dynamics Reviews 10:291-330 doi:10.1002/sdr.4260100214 – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology

“To be successful, methods to enhance learning about complex systems must address all these impediments. Effective methods for learning in and about complex dynamic systems must include (1) tools to elicit participant knowledge, articulate and reframe perceptions, and create maps of the feedback structure of a problem from those perceptions; (2) simulation tools and management flight simulators to assess the dynamics of those maps and test new policies; and (3) methods to improve scientific reasoning skills, strengthen group process, and overcome defensive routines for individuals and teams.”

268. David C. Lane (1999) – **Social theory and system dynamics practice** – European Journal of Operational Research 113:501–527 doi:10.1016/S0377-2217(98)00192-1 – Operational Research Department, London School of Economics and Political Science

“Three competing conclusions are then offered: … Forrester’s ideas operate at the level of method not social theory so SD, though not wedded to a particular social theoretic paradigm, can be re-crafted for use within different paradigms. 3. SD is consistent with social theories which dissolve the individual/society divide by taking a dialectical, or feedback, stance. It can therefore bring a formal modelling approach to the `agency/structure’ debate within social theory and so bring SD into the heart of social science.”

269. Investigación operativa

270. Edward G. Anderson Jr. (2011) – **A dynamic model of counterinsurgency policy including the effects of intelligence, public security, popular support, and insurgent experience** – System Dynamics Review 27:111–141 doi:10.1002/sdr.443 – University of Texas, McCombs School of Business, IROM Department

“A system dynamics model of insurgencies is built using the U.S. Army and Marine Counterinsurgency Manual (FM 3-24) as a basis … One finding, which supports conventional wisdom, is that the timing of withdrawal of counterinsurgency forces is critical. In particular, if the withdrawal is too early, the insurgency may end up being worse than if no counterinsurgency forces had ever been deployed. A second result is support for the contention that counterinsurgency policies are synergistic, which implies that policies are most effective if deployed together.”

271. Jeffrey Mervis (2014) – **An Internet research project draws conservative ire** – Science 346:686-687 doi:10.1126/science.346.6210.686 - “Menczer’s work, which is also supported by the military’s Defense Advanced Research Projects Agency and by the private James S. McDonnell Foundation, is rooted in the growing field of complex, nonlinear feedback systems.“

272. Immanuel Wallerstein (1974) – **The Modern World System I: Capitalist Agriculture and the Origins of the European World-Economy in the Sixteenth Century** – Academic Press, New York – Universidad de Binghamton (SUNY)

“A world-system is a social system, one that has boundaries, structures, member groups, rules of legitimation, and coherence. Its life is made up of the conflicting forces which hold it together by tension and tear it apart as each group seeks eternally to remold it to its advantage. It has the characteristics of an organism, in that it has a life-span over which its characteristics change in some respects and remain stable in others. One can define its structures as being at different times strong or weak in terms of the internal logic of its functioning. What

characterizes a social system in my view is the fact that life within it is largely self-contained, and that the dynamics of its development are largely internal. ”

273. Immanuel Wallerstein (2011) – **Structural Crisis in the World-System: Where Do We Go from Here?** – Monthly Review 62, 01/03/2011 – Senior Research Scholar at Yale University – http://monthlyreview.org/2011/03/01/structural-crisis-in-the-world-system
“This cyclical process is often called Kondratieff long waves, and has in the past tended to last an average of fifty to sixty years for the entire cycle.3 Such cycles have been occurring over the past five hundred years. One systemic consequence is a constant slow shift in the location of the zones that are most favored economically, without, however, changing the proportion of zones that are so favored.”

274. Richard Heinberg (2014) – **Want to Change the World? Read This First** – Resilience, 16/06/2014 – Post Carbon Institute – http://www.resilience.org/stories/2014-06-16/want-to-change-the-world-read-this-first
“Perhaps the most important key to grasping the relationship between the environment and processes of societal change was articulated by American anthropologist Marvin Harris (1927-2001). Marvin Harris’s magnum opus was the rather difficult book Cultural Materialism: The Struggle for a Science of Culture (1979) … The book is full of technical jargon, and its author argues each point meticulously, presenting a surfeit of evidence. However, the kernel of Harris’s theoretical contribution can be summarized rather briefly.”

275. Marvin Harris (1979) – **Cultural Materialism: The Struggle for a Science of Culture** (Updated edition) – AltaMira Press – ISBN-13: 978-0759101357 – 408 Págs.

[No confundir con materialismo marxista. Nada que ver]

276. Kees Van der Pijl (2014) – **The Discipline of Western Supremacy: Modes of Foreign Relations and Political Economy** – London and New York, Pluto Press – Professor of International Relations, University of Sussex – ISBN-13: 978-0745323183 – 272 Págs.

277. Kees Van der Pijl (1998) – **Transnational Classes and International Relations** – Routledge – Professor of International Relations, University of Sussex
“The idea of The Discipline of Western Supremacy, then, is to show for each era how intellectual architects attempted to build a foundation for foreign relations between the “Lockean heartland” and the rest of the world. Their end product, for van der Pijl, suffers from the “sectarianism and formulaic retrogression” (ix) one can read in the rest of the social sciences: having turned their back upon Marx and Marxism, the mainstream (read nonmarxist) social sciences bifurcated into a “realism” that justifies the imperialist project and an “idealism” that dares not stray far from Lockean thinking.“

278. Georgi M. Dimirovski et al (2006) – **Control system approaches for sustainable development and instability management in the globalization age** – Annual Reviews in Control 30:103-115 doi:10.1016/j.arcontrol.2006.01.004 – Member of the Technical Board and Chair of CC-9 on Social Systems of IFAC + Professor of Automation and Systems Engineering, SS Cyril and Methodius University, Skopje + Professor of

Computer Science and Information Technologies, Dogus University, Istanbul – 6 autores
"As pointed out by Mansour (2002), following the famous humanist, mathematician and philosopher Bertrand Russell, a fundamental concept in social science and philosophy as well as in human societies is power with its many forms (Russell, 1975): civil authority, military, propaganda, secret service, clergy, and – above all – wealth. This fact and the need for competition in human societies (Axelrod, 1997; Eeckhout, 2000) as well as other factors of western social philosophies, largely adopted world-wide, have been inducing potential for conflict."

279. Steve Keen (2001) – **Debunking Economics, The Naked Emperor of the Social Sciences** – Pluto Press – University of Western Sydney – ISBN-13: 978-1856499927 – 352 Págs.
"There are many models in economics which have properties akin to those of Lorenz's weather model – very few of which have been developed by orthodox economists. Most were instead developed by economists who belong to alternative schools, in particular complexity theorists and evolutionary economists. One of the best-known such models, Goodwin's model of cyclical growth, puts in mathematical form a model first suggested by Marx."

280. Nicolai D. Kondratiev (1979) – **The Long Waves in Economic Life** – Review (Fernand Braudel Center) 2:519-562

281. Mauricio Schoijet (1999) – **Limits to Growth and the Rise of Catastrophism** – Environmental History 4:515-530 doi:10.2307/3985399 Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco
"[Harich] approves the position of Kautsky (1854-1938), who claimed that there was a need for a synthesis between Marxism and 'the partial truths of Malthusianism,", a position which Frederick Engels could have accepted in a letter to Kautsky of 1881."

282. Peter Turchin (2005) – **Dynamical feedbacks between population growth and sociopolitical instability in agrarian states** – Structure and Dynamics: eJournal of Anthropological and Related Sciences – Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut – http://escholarship.org/uc/item/0d17g8g9.pdf
"Most preindustrial states experienced recurrent waves of political collapse and internal warfare. One possible explanation of this pattern, the demographic-structural theory, suggests that population growth leads to state instability and breakdown, which in turn causes population decline. Mathematical models incorporating this mechanism predict sustained oscillations in demographic and political dynamics … Results suggest that population and instability are dynamically interrelated as predicted by the theory."

283. Jared Diamond (2005) **- Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive – Viking Penguin** – ISBN-13: 978-0-140-27951-1 – 576 Págs.
"The process through which past societies have undermined themselves by damaging their environments fall into eight categories, whose relative importance differs from case to case: deforestation and habitat destruction; soil problems (erosion, salinization and soil fertility loses); water management problems; over-hunting; over-fishing; effects of introduced effects on native species; human population growth and increased per capita impact on people. Those past collapses tended to follow somewhat similar courses … The

environmental problems facing us today include the same eight that undermined past societies, plus four new ones: human-caused climate change; build-up of toxic chemicals in the environment; energy shortages; and full human utilization of the Earth's photosynthetic capacity."

284. Peter Turchin and Sergey A. Nefedov (2009) – **Secular Cycles** – Princeton University Press – Department of Ecology and Evolutionary Biology + Adjunct Professor of Mathematics, University of Conneticut; Institute of History and Archaeology, Russian Academy of Sciences – ISBN-13: 978-0691136967 – 362 Págs. http://press.princeton.edu/chapters/s8904.pdf
"What we need is a synthetic theory that encompasses both demographic mechanisms (with the associated economic consequences) and power relations (surplus extraction mechanisms). In the dynamical systems framework, it does not make sense to speak of one or the other as 'the primary factor.' The two factors interact dynamically, each affecting and being affected by the other."

285. David Correia (2013) – **F**k Jared Diamond** – Capitalism Nature Socialism doi:10.1080/10455752.2013.846490 – Editorial – http://www.unm.edu/~dcorreia/David_Correia/Research_files/Correia_F**K_CNS.pdf
"At worst, it develops an argument about human inequality based on a determinist logic that reduces social relations such as poverty, state violence, and persistent social domination, to inexorable outcomes of geography and environment."

286. Rakhyun E. Kim an Brendan Mackey (2014) – **International environmental law as a complex adaptive system** – International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics 14:5-24 doi:10.1007/s10784-013-9225-2 – Fenner School of Environment and Society, The Australian National University + Griffith School of Environment, Griffith University; United Nations University Institute of Advanced Studies (UNU-IAS), Yokohama -
"In this paper, we investigate the proposition that international environmental law (IEL), as a set of treaties and institutions directed at reducing human impacts on the environment, exhibits some key characteristics of a CAS … This emerging governance model is ''ecological'' and draws heavily from complexity theory [refs]. "

287. Jukka-Pekka "JP" Onnela – **Flow of Control in Networks** – Science 343:1325-1326 doi:10.1126/science.1251746 – Department of Biostatistics, Harvard School of Public Health
"Many complex systems can be viewed as networks, in which nodes represent system elements and edges correspond to interactions between those elements. In such networks, a subset of nodes—the driver nodes—can yield control of the entire network when they are driven by external signals (1–3)."

288. Stefania Vitali et al (2011) – **The network of global corporate control** – PLoS ONE 6:e25995 doi:10.1371/journal.pone.0025995 – Chair of Systems Design, ETH Zurich – http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/1107/1107.5728v2.pdf – 3 autores
"In contrast, we find that only 737 top holders accumulate 80% of the control over the value of all TNCs … This means that network control is much more unequally distributed than wealth. In particular, the top ranked actors hold a control ten times bigger than what could be expected based on their wealth. The results are robust with respect to the models used to estimate control."

289. Robert Artigiani (1987) – **Revolution and evolution: applying Prigogine's dissipative structures model** – Journal of Social and Biological Structures 10:249-264 – History Department, US Naval Academy, Annapolis.
"Since the time of Tocqueville, for instance, historians have so emphasized the continuities in societies before and after revolutions that the consequences of revolutionary activities appear trivial. Political scientists, on the other hand, have sought to develop formalized taxonomies of revolutions which are so restrictive that their 'types' refer only to specific cases. It appears reasonable, therefore, to turn to other sciences for models to organize and evaluate our knowledge of revolutions."

290. L. Flood (1990) – **Liberating Systems Theory: Toward critical systems theory** – Human Relations 43:49-75 doi:10.1177/001872679004300104 – Department of Management Systems and Sciences, Hull University
"This article contains an exploration of a number of the many interpretations of its title Liberating Systems Theory. It is in fact a point of reflection on the way to realizing Critical Systems Thinking. Particular points of focus are critical theory integrated to practice in systems "problem solving," and the history and progress of systems thinking, considering critically the relationship of the past with progressively emerging future ends, i.e., emerging Critical Systems Thinking."

291. Rapoport (1968) – **General system theory** – The international encyclopedia of social sciences 15:452-458, New York: Macmillan & The Free Press

292. Ricardo Rodriguez-Ulloa and Alberto Paucar-Caceres (2005) – **Soft System Dynamics Methodology (SSDM): Combining Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD)** – Systemic Practice and Action Research 18:303-334 doi:10.1007/s11213-005-4816-7 – Andean Institute of Systems (IAS), Lima; Manchester Metropolitan University Business School
"The basic idea underpinning this approach is that any complex situation can be described in terms of elements and flows; flows being the relationships between the elements. The main focus of the methodology is the structure composed by the interactions of the elements (flows and levels) between them. This description constitutes the dynamic behaviour of the system … Rodríguez-Ulloa [refs] started to unify both approaches into one intellectual tool by taking the valuable aspects of each."

293. Peter C. Young (2006) – **The data-based mechanistic approach to the modelling, forecasting and control of environmental systems** – Annual Reviews in Control 30:169-182 doi:10.1016/j.arcontrol.2006.05.002 – Centre for Research on Environmental Systems and Statistics + Institute of Environmental and Natural Sciences, Lancaster Univeversity
"The paper presents a unified approach to the modelling, forecasting and control of natural and man-made environmental systems … The associated control system design methodology is based on the Non-Minimal State Space (NMSS) approach to the design of Proportional-Integral-Plus (PIP) control systems, based on the DBM models obtained at the previous modelling stage. The paper includes a case study concerned with the modelling and control of globally averaged levels of CO_2 in the atmosphere."

294. Charles R. Featherston and Matthew Doolan (2012) – **A Critical Review of the Criticisms of System Dynamics** – The 30th International Conference of

the System Dynamics Society – Research School of Engineering, College of Engineering and Computer Science, The Australian National University – http://www.systemdynamics.org/conferences/2012/proceed/papers/P1228.pdf
"Many of the criticisms of system dynamics, such as its determinism and human austerity have been addressed. However, theoretical work still needs to be done on some of the field's criticisms, including the role of historical data in building confidence in models, the field's reductionist perspective and how system dynamics addresses plurality and hierarchy. Such work, combined with increased education and communication, would help the field to be accepted more broadly. "

295. Jay W. Forrester (1998) – **Designing the Future** – Universidad de Sevilla, 15/12/1998 – Massachusetts Institute of Technology – ftp://yankeegrc.org/documents/sdintro/designjf.pdf
"People are reluctant to believe physical systems and human systems are of the same kind … the concept of a system contradicts the belief that people are entirely free agents. Instead, people are substantially responsive to their changing surroundings. To put the matter more bluntly, a social system implies that people act partly as cogs in a social and economic machine. People play their roles while driven by pressures from the whole system. Accepting the dominance of social systems over individuals is contrary to our cherished illusion that people freely make their own decisions."

296. G. Bowen (1994) – **System dynamics, determinism and choice: toward a reconsideration of the image of `system man'** – System Dynamics Review 10:87-90
"[By using system dynamics] individuals can design and affect the redesign of the social and managerial systems that impose on them … [therefore] individuals … retain – at least in part – the ability to make autonomous decisions that can play a role in determining their own fates."

297. David C. Lane (2001) – **Rerum cognoscere causas: Part II—Opportunities generated by the agency/structure debate and suggestions for clarifying the social theoretic position of system dynamics** – System Dynamics Review 17:293–309 doi:10.1002/sdr.221 – Senior Lecturer at the London School of Economics and Political Science, in London University – http://www.albany.edu/cpr/sdgroup/pad824/Lane2.pdf
"This [agency/structure] debate aims to move beyond both the theories based only on the actions of individual human agents, and those theories that emphasise only structural influences … The main conclusion is therefore that system dynamics can contribute to an important part of social thinking by providing a formal approach for explicating social mechanisms."

298. Ilya Prigogine (2003) – **Is Future Given?** – World Scientific Publishing Co – ISBN-13: 978-9812385086 – 80 Págs. – http://www.scribd.com/doc/21946936/Is-Future-Given-Ilya-Prigogine-2003

299. John D. Sterman (2002) – **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world** – Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – https://esd.mit.edu/WPS/internal-symposium/esd-wp-2003-01.13.pdf
"The tendency to blame the person rather than the system is so strong psychologists call it the "fundamental attribution error." (Sterman, 2000, p. 28)"

300. Georgi Marko Dimirovski (2008) – **Applied System and Control Sciences to Social Systems: Globalization Age Paradigms** – IFAC World Congress 17:1, May 2008 – Dogus University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Istanbul + SS Cyril and Methodius University, Faculty of Electronic Engineering & Information Technologies, Republic of Macedonia – http://www.ifac-papersonline.net/Detailed/36593.html
“Thus all kinds of social systems, being essentially human centred systems, is a cross-, inter- and multi-disciplinary challenge to systems and control researchers. Social systems in modern civilization are reviewed from the systems science viewpoint and on the grounds of recent developments in control science and technology and with regard to globalization paradigm.”
301. John D. Sterman (2002) – **Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world** – Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division – MIT Sloan School of Management – https://esd.mit.edu/WPS/internal-symposium/esd-wp-2003-01.13.pdf
“Today’s problems often arise as unintended consequences of yesterday’s solutions. Social systems often suffer from policy resistance, the tendency for well-intentioned interventions to be defeated by the response of the system to the intervention itself … Drawing on engineering control theory and the modern theory of nonlinear dynamical systems, system dynamics often involves the development of formal models and management flight simulators to capture complex dynamics, and to create an environment for learning and policy design. Unlike pure engineering problems – if any exist – human systems present unique challenges, including long time horizons, issues that cross disciplinary boundaries, the need to develop reliable models of human behavior, and the great difficulty of experimental testing.”
302. Andrew J. Jarvis et al (2008) – **A robust sequential CO2 emissions strategy based on optimal control of atmospheric CO2 concentrations** – Climatic Change 86:357-373 doi:10.1007/s10584-007-9298-4 – Lancaster Environment Centre, Lancaster University – 4 autores
“This paper formally introduces the concept of mitigation as a stochastic control problem … The framework explicitly considers the closed-loop nature of climate mitigation, and employs a policy orientated optimisation procedure to specify the properties of this closed-loop system.”
303. Andrew Jarvis et al (2009) **- Stabilizing global mean surface temperature: A feedback control perspective** – Environmental Modelling & Software 24:665-674 doi:10.1016/j.envsoft.2008.10.016 – Lancaster Environment Centre, Lancaster University; Engineering Department, Lancaster University; Fenner School of Environment and Society, Australian National University; School of Electrical Engineering and Telecommunications, University of New South Wales, Sydney – 4 autores
“Given the inherent dynamic character of this closed-loop problem, we envisage the metrics highlighted in this paper, such as the positioning of closed-loop eigenvalues in the complex plane, should become as much a part of the mitigation debate as metrics derived from more established frameworks.”
304. Andrew J. Jarvis, comunicación personal
305. Slobodan P. Simonovic and Evan G. R. Davies (2005) – **Are we modelling impacts of climatic change properly?** – Hydrological Processes 20:431–433 doi:10.1002/hyp.6106 – The University of Western Ontario
“As a well-established methodology for the analysis and modelling of complex

systems (Sterman, 2000; Simonovic, 2002; Simonovic and Rajasekaram, 2004), system dynamics simulation is particularly well suited to modelling the social–economic–climatic system. It facilitates representation of feedback processes, time delays, stock and flow processes, and nonlinearities, and allows mathematical modelling of both biophysical and socio-economic systems with equal effectiveness. Introduction of system dynamics with its explicit feedback processes to the modelling community could serve as a link between socio-economic and scientific disciplines, and provide an example of the communication process between scientific and policy communities."

306. Georgi M. Dimirovski et al (2006) – **Control system approaches for sustainable development and instability management in the globalization age** – Annual Reviews in Control 30:103-115 doi:10.1016/j.arcontrol.2006.01.004 – Dogus University, Faculty of Engineering, Acibadem, Kadikoy, Turkey – 6 autores
"Social systems of contemporary civilization are reviewed from the systems science viewpoint and on the grounds of recent developments in control science and technology. Recent developments have emphasised the social responsibility of the control community during the on-going globalization and changes from the Cold-War bipolar world to a unipolar one, on the way to mankind's multi-polar world of the future."

307. Georgi Marko Dimirovski (2008) **- Applied System and Control Sciences to Social Systems: Globalization Age Paradigms** – IFAC World Congress 17:1 Dogus University, Faculty of Engineering, Dept. of Computer Engineering, Istanbul + SS Cyril and Methodius University, Faculty of Elec. Eng. & Info. Technologies, Republic of Macedonia – http://www.ifac-papersonline.net/Detailed/36593.html
"The innovative systems approaches employing results from hybrid systems theory and dynamical networks are needed to address the now-old challenges of combined knowledge and technology transfer world-wide for sustainable development that may remedy climate change and some of the negative socio-economic aspects of globalization."

308. Martin Parry (2009) – **Closing the loop between mitigation, impacts and adaptation. An Editorial Essay** – Climatic Change 96:23-27 doi:10.1007/s10584-009-9646-7 – Grantham Institute, Imperial College London
"In its Fourth Assessment (2007) the IPCC was unable to address successfully the single most important policy question about confronting climate change: "What combinations of emissions reduction and adaptation can best reduce the impacts of climate change?" … Its omission stems from two things: (a) failure to frame the question that would help synthesize current knowledge, and (b) lack of knowledge itself on the connections between mitigation, impacts and adaptation. The first failing is easier to remedy than the second."

309. Richard J.T. Klein et al (2005) – **Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions** – Environmental Science & Policy 8:579–588 doi:10.1016/j.envsci.2005.06.010 – Potsdam Institute for Climate Impact Research + Stockholm Environment Institute–Oxford – http://www.unisdr.org/files/1140_sdarticle.pdf – 3 autores
"The potential for developing synergies between climate change mitigation and adaptation has become a recent focus of both climate research and policy … analysis needs to focus on the optimal use and expected effectiveness of financial instruments, taking into account the mutual effects between these

instruments on the one hand, and national and international sectoral investments and official development assistance on the other."

310. Bahna et al (2008) – **A stochastic control model for optimal timing of climate policies** – Automatica 44:1545-1558 doi:10.1016/j.automatica.2008.03.004 – GERAD and MQG, HEC Montréal
"The optimal policy is characterized using the dynamic programming solution to a piecewise deterministic optimal control problem … The most striking characteristic of stochastic optimal control appears to be its ability to follow intermediary investment paths before revelation of the true climate sensitivity; all the while a precautionary principle prevails for emissions."

311. David Tàbara (2009) – **Integrated Climate Governance (ICG) and sustainable development** - Conference on 'Sustainable Development. A Challenge for European Research' – Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona – http://ec.europa.eu/research/sd/conference/2009/papers/21/david_tabara_-_icg_.pdf
"The intensity and scale of persistent problems increases when no institutional and social learning occurs. The choice of one-dimensional measures for problems and policies which are inextricably interlinked together -such as those related to water scarcity and pollution, energy, land-use management, or biodiversity/ecosystems functions conservation- often result in the accumulation of negative side effects and the worsening of the initial conditions of the systems of reference in which such problems originally emerged (figure 1)1."

312. Transforming the World in an Era of global Change – **3rd Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability** – 19/05/2011 – Stockholm Resilience Centre – http://globalsymposium2011.org/wp-content/uploads/2011/05/resilience_summaryXlow2.pdf
"Key Messages: Policy makers around the world need to adopt a new systems thinking that pays much more attention to the negative side-effects of quick fixes and recognises the numerous possibilities in investing in sustainable use of ecosystems and their services."

313. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – 1164 DeLeon Court, Clarkston, GA 30021, U.S.A. – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
"Why, despite over 30 years of prodigious effort, has the human system failed to solve the environmental sustainability problem? Decomposing the problem into two sequential subproblems, (1) how to overcome change resistance and (2) how to achieve proper coupling, opens up a fresh line of attack. A simulation model shows that in problems of this type the social forces favoring resistance will adapt to the forces favoring change."

314. Peter A. Corning (2002) – '**Devolution' as an opportunity to test the 'synergism hypothesis' and a cybernetic theory of political systems** – Systems Research and Behavioral Science 19:3-26 doi:10.1002/sres.421 – Institute for the Study of Complex Systems -
"[D]evolution provides an opportunity for testing the Synergism Hypothesis and the theory that functional synergies are the very cause of the differential selection and survival of complex systems and their cybernetic subsystems."

315. Zygmunt Bauman (2001) – **En busca de la política** – Fondo de Cultura Económica USA – ISBN-13: 978-9505573639 – 218 Págs.

"Si se nos pregunta si somos libres diríamos que sí, pero si se nos pregunta si creemos ser capaces de cambiar del mundo que nos rodea, ya sea individualmente o en grupos, diríamos que poco o muy poca cosa. La contradicción entre estos dos hechos salta a la vista a cualquiera familiarizado con el pensamiento lógico."

316. John Bechhoefer (2005) – **Feedback for physicists: A tutorial essay on control** – Reviews of Modern Physics 77:783-836 – Department of Physics, Simon Fraser University, – http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.7043&rep=rep1&type=pdf "Feedback and control theory are important ideas that should form part of the education of a physicist but rarely do. … [they] are such important concepts that it is odd that they usually find no formal place in the education of physicists … Introductory engineering textbooks … are long (800 pages is typical) … their examples are understandably geared more to the engineers than to the physicist."

317. Tesi Becerra

318. Thomas S. Fiddaman (1997) – **Feedback Complexity in Integrated Climate-Economy Models** – Submitted to the Alfred P. Sloan School of Management in partial fulfilment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Management at the Massachusetts Institute of Technology. Thesis Supervisor John D. Sterman – Massachusetts Institute of Technology – http://www.metasd.com/papers/Fiddaman%20Dissertation%20Climate%20FREE.PDF
"In reality, a number of long delays impose important constraints on the energy-economy system."

319. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Una lección que se desprende de las seis simulaciones anteriores es que, en un mundo complejo y finito, si se elimina o eleva un límite, después aparecerá otro límite. Especialmente si el crecimiento es exponencial, el siguiente límite aparecerá con una prontitud sorprendente. Existen capas de límites. World3 sólo contiene algunas de ellas." (p. 353)

320. W. Phillips (1957) – **Stabilisation policy and the time-forms of lagged responses** – The Economic Journal 67:265–77 doi:10.1017/CBO9780511521980.019 – London School of Economics – http://ebooks.cambridge.org/chapter.jsf?bid=CBO9780511521980&cid=CBO9780511521980A027
"A study, using frequency-response analysis and electronic simulators, of the properties of models in which the lags are given more realistic time-forms has shown that the problem of stabilisation is more complex than appeared to be the case when attention was confined to the simpler lag forms used in my earlier article."

321. Ragnar Frisch (1933) – **Propagation Problems and Impulse Problems in Dynamic Economics** – En: Economic essays in honour of Gustav Cassel – University of Oslo – http://www.sv.uio.no/econ/om/tall-og-fakta/nobelprisvinnere/ragnar-frisch/published-scientific-work/PPIP%5B1%5D.pdf
"If a cyclical variation is analysed from the point of view of a free oscillation,

we have to distinguish between two fundamental problems: first, the propagation problem; second, the impulse problem. ”

322. T. Newlyn (1950) – **The Phillips/Newlyn Hydraulic Model** – Yorkshire Bulletin of Economic and Social Research 2:111-127 doi:10.1111/j.1467-8586.1950.tb00370.x – The University, Leeds

323. W. Phillips (1954) – **Stabilisation policy in a closed economy** – The Economic Journal 64:290-323 – London School of Economics – http://xmlservices.unisi.it/depfid/joomla/iscrizione/materiali/16888/Phillips%20EJ%201954.pdf
“if any stabilisation policy is to be successful it must be made up of a suitable combination of proportional, integral and derivative elements … If the system itself has a considerable tendency to oscillate […], the integral element in the policy should be made very weak or avoided entirely, unless it can be accompanied by sufficient derivative correction to offset the destabilising effects […].”

324. Dennis L. Meadows et al (1974) – **Dynamics of Growth in a Finite World** – Productivity Press Inc. – Massachusetts Institute of Technology – ISBN-13: 978-0262131421 – 637 Págs.

325. John D. Sterman and Linda Booth Sweeney (2002) – **Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming** – System Dynamics Review 18(2) – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology – http://web.mit.edu/jsterman/www/cloudy_skies1.pdf
“In his widely cited DICE model, Nordhaus (1992a, 1992b) violates the law of conservation of mass by assuming a significant fraction of carbon emissions simply disappear (Nordhaus assumed these emissions flow into a limitless sink outside the model boundary) ”

326. Robert Costanza et al (2007) – **Integrated global models** – En: Costanza, R., L. J. Graumlich, and W. Steffen (eds.). 2007- Sustainability or Collapse: An Integrated History and future Of People on Earth. Dahlem Workshop Report 96. MIT Press – Gund Institute of Ecological Economics, Rubenstein School of Environment and Natural Resources, The University of Vermont – http://www.pdx.edu/sites/www.pdx.edu.sustainability/files/Costanza%20et%20al.%20Dahlem%20book%202007.pdf
“’The main result of aggregation theory is that aggregation is generally possible only when the underlying micro relations are linear’ (Nordhaus 1973, p. 1160). This, combined with the simple basic structure of DICE, means that there are no real possibilities for “surprises” in DICE like the kind we have come to expect in the real world, and that can emerge from some of the other models reviewed here. Yet, there is no discussion of the possibly huge impacts of aggregation error other than Nordhaus’s contention that the level of aggregation used was necessary in order that ‘the theoretical model is transparent and the optimization model is empirically tractable.’ Good goals, but hardly justification for a model intended to be used to set realistic global policies on greenhouse warming. ”

327. Stephen H. Schneider (1997) – **Integrated assessment modeling of global climate change: Transparent rational tool for policy making or opaque screen hiding value-laden assumptions?** – Environmental Modeling and Assessment 2:229-249 doi:10.1023/A:1019090117643 – Department of Biological Sciences, Stanford University
“The basic rationale for what I am calling by analogy ‘ergodic economics’, is

that process-based simulation models, no matter how complex are, nonetheless, still very "dumb" relative to real natural/social systems … the reliability of the hedonic method rests on three quite fundamental assumptions that need to be explicit in the minds of potential users of the results before they let this method provide policy advice on the viability of adaptation, for instance."

328. Michael J. Radzicki (2011) – **System Dynamics and Its Contribution to Economics and Economic Modeling** – Complex Systems in Finance and Econometrics 2011:727-737 doi:10.1007/978-1-4419-7701-4_39 – Worcester Polytechnic Institute – http://ebooks.narotama.ac.id/files/Complex%20Systems%20in%20Finance%20and%20Econometrics/Chapter%2039%20%20System%20Dynamics%20and%20Its%20Contribution%20to%20Economics%20and%20Economic%20Modeling.pdf
"The simple two sector Keynesian cross model presented in Fig. 4 is an example of a well known economic model that can be improved after it has been translated into a system dynamics format. More specifically, in this example the flow of investment spending in the model does not accumulate anywhere. This violates good system dynamics modeling practice and can be fixed. Figure 5 presents the improved version of the Keynesian Cross model, which now more closely adheres to the system dynamics paradigm."

329. Paul P. Christensen (1987) – **Classical roots for a modern materials-energy analysis** – Ecological Modelling 38:75–89 doi:10.1016/0304-3800(87)90045-7 – Department of Economics, Hofstra University
"The new technology generates a larger surplus which is reinvested. As long as access to low-entropy energy and material can be sustained, the system can grow at an exponential rate. The constraint of limited resources is in turn continually pushed back by technological change and the exploitation and depletion of new resources. This dynamic feature of production systems is consistent with the emphasis of Post-Keynesian on distribution and accumulation but it is entirely missed by the efficiency emphasis of neoclassical theory."

330. Alfred S. Eichner and Jan A. Kregel (1975) – **An Essay on Post-Keynesian Theory: A New Paradigm in Economics** – Journal of Economic Literature 8:1293-1314 – State University of New York at Purchase and Conservation of Human Resources Project, Columbia University; University of Southampton – https://www.scribd.com/doc/43515845/An-Essay-on-Post-Keynesian-Theory-A-New-Paradigm-in-Economics
"Economics…is largely an outgrowth of the eighteenth-century mechanistic view of the universe…over the last several decades, however, quite a different philosophical framework has emerged … This is the systems … approach. The advantage which it offers … is that it can incorporate within its analytical structure (a) purposeful activity, (b) cumulative processes, and (c) the interaction of subsystems, both as part of a larger systems dynamic and in response to feedback from the environment … Under the systems approach, economics is no longer the study of how scarce resources are allocated … It is instead the study of how an economic system…is able to expand its output over time (p. 171-172)."

331. Michael J. Radzicki (2007) **- Institutional economics, post keynesian economics, and system dynamics: Three strands of a heterodox economics braid** – International Confederation of Associations for Pluralism in Economics (ICAPE) Conference on the "Future of Heterodox Economics" – Associate

Professor of Economics, Department of Social Science & Policy Studies, Worcester Polytechnic Institute – https://www.researchgate.net/profile/Michael_Radzicki/publication/237138677_Institutional_Economics_Post_Keynesian_Economics_and_System_Dynamics_Three_Strands_of_a_Heterodox_Economics_Braid/links/02e7e53331eeea388c000000?origin=publication_detail
"This suggests that post Keynesian economics can be profitably used to devise policies aimed at keeping chronically demand deficient capitalist systems at full employment, while institutional economics can be effectively used to devise policies aimed at addressing the technological, structural, and sectoral changes required when capitalist systems actually reach their full employment levels.3 In addition, institutional economics can be used to add value to post Keynesian efforts to model and improve macroeconomic reality through its insights into the dynamic implications of relative economic power that it has accumulated via its "pattern modeling" or "look and see"/case study methodology, and through its instrumental or goal-seeking approach to policy formulation."

332. Barry Richmond (1985) – **Conversing with a classic thinker: An illustration from economics. Users Guide to STELLA** – High Performance Systems, Inc, Lyme, New Hampshire, pp 75–94

333. John R. Hicks (1950) – **A contribution to the theory of the trade cycle** – Oxford University Press – Fellow of Nuffied College – ASIN: B002PDKUKU – 201 Págs.

334. Michael J. Radzicki (2011) – **System Dynamics and Its Contribution to Economics and Economic Modeling** – Complex Systems in Finance and Econometrics 2011:727-737 doi:10.1007/978-1-4419-7701-4_39 – Worcester Polytechnic Institute – http://ebooks.narotama.ac.id/files/Complex%20Systems%20in%20Finance%20and%20Econometrics/Chapter%2039%20%20System%20Dynamics%20and%20Its%20Contribution%20to%20Economics%20and%20Economic%20Modeling.pdf
"Translating existing static and written economic models and theories into a system dynamics format is a more formidable task. Written models and theories are often dynamic, yet are described without mathematics. Static models and theories are often presented with mathematics, but lack equations that describe the dynamics of any adjustment processes they may undergo. As such, system dynamicists must devise equations that capture the dynamics being described by the written word or that reveal the adjustment processes that take place when a static system moves from one equilibrium point to another. "

335. Fritz Söllner (1997) – **A reexamination of the role of thermodynamics for environmental economics** – Ecological Economics 22:175-201 doi:10.1016/S0921-8009(97)00078-5 – University of Bayreuth
"Evidently, the neoclassical paradigm and its value concept have to be given up. But the alternative of the energy theory of value must be rejected because its determinism cannot be reconciled with the richness of human behaviour. As thermodynamic analogies offer no solution either, there is a dilemma between the necessity and the apparent impossibility of adequately integrating thermodynamic concepts."

336. Jay W. Forrester (1980) – **Information sources for modeling the national economy** – Journal of the American Statistical Association 75:555–567 doi:10.1080/01621459.1980.10477508 – Massachusetts Institute of Technology

“The daily and weekly business press contains information from which a model can bridge from microstructure to macrobehavior. The System Dynamics National Model draws on all classes of information for its structure and policies. The National Model, without exogenous time series inputs, generates 3- to 7-year business cycles, 15- to 25-year capital cycles, 45- to 60-year long waves, and the processes of inflation, unemployment, and stagflation. Such a simulation model, based on a diversity of information sources, can shed new light on economic dynamics.”

337. John D. Sterman (1985) – **A behavioral model of the economic long wave** – Journal of Economic Behavior & Organization 6:17-53 doi:10.1016/0167-2681(85)90023-X – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology
“This paper presents a simple model of the economic long wave. The model is based on the System Dynamics National Model … The structure of the model is shown to be consistent with the principles of bounded rationality.”

338. Jan A.J. Stolwijk (1980) – **Comment on ‘information sources for modeling the national economy’ by Jay W Forrester** – Journal of the American Statistical Association 75:569–572 – Department of Epidemiology and Public Health + Institution for Social and Policy Studies, Yale University

339. Zellner (1980) – **Comment on ‘information sources for modeling the national economy’ by Jay W Forrester** – Journal of the American Statistical Association 75:567–569

340. Henry Blackaby and Richard Blackaby (2008) – **God in the Marketplace: 45 Questions Fortune 500 Executives Ask About Faith, Life, and Business** – B&H Books – ISBN-13: 978-0805446883 – 288 Págs.
“Blackaby believes that just as Jesus had businessmen among His original disciples, so may God be calling out businesspeople today in preparation for a worldwide spiritual revival. However, while those in the marketplace may have excellent educations and access to world-class leadership seminars, they often feel inadequate in matters of spiritual influence. God in the Marketplace will help them better understand what the Bible says about integrating their Christian faith with their work lives and provide biblical answers to the common yet difficult questions that are often raised for Christians at work.”

341. Paul Harvey – **Fix the Economy GOD’$ WAY: Dave Ramsey’s Great Christian Recovery** – RD Magazine, 25/07/2011 – http://www.religiondispatches.org/archive/atheologies/4905/fix_the_economy_god%E2%80%99$_way%3A_dave_ramsey%E2%80%99s_great_christian_recovery_/
“What if a whole country started handling money God’s ways,” Ramsey asked his audience rhetorically. God’s ways would not include, for example, Social Security, since God would not want to invest for the long-term at such a modest rate of return (hence his advice to “opt out” of the Social Security system when you legally can do so). God’s ways don’t include progressive taxation, since God desires us to emulate the habits of the wealthy. And God’s ways do not countenance government engaging in the “theft” of economic resources (taxation) that we have worked for and are rightfully ours. God’s ways involve no government schemes towards the common good, for God commands individuals to help themselves that they might then help others privately and voluntarily. God’s plan, in short, is the libertarian plan mixed with Christian self-restraint; for capitalism without morality is anarchy.”

342. Peter Montgomery – **Jesus Hates Taxes: Biblical Capitalism Created Fertile Anti-Union Soil** – RD Magazine, 14/03/2011 – http://www.religiondispatches.org/archive/politics/4366/jesus_hates_taxes%3A_biblical_capitalism_created_fertile_anti-union_soil -
"Pseudo-historian David Barton, a frequent guest of broadcaster Glenn Beck, is using his newly enlarged audience to promote American exceptionalism (America was created by its divinely-inspired founders as a country of, by, and for Christians) and Tea Party-on-steroids economics (Jesus and the Bible oppose progressive taxes, capital gains taxes, estate taxes, and minimum wage laws)."

343. Gary Becker (1962) – **Irrational Behaviour and Economic Theory** – Journal of Political Economy LXX:1:1-13 – Carnegie Mellon University – http://mcadams.posc.mu.edu/econ/Becker,%2520Irrational%2520Behavior.pdf
"The purpose of this paper is not to contribute still another defense of economic rationality. Rather it is to show how the important theorems of modern economics result from a general principle which not only includes rational behavior and survivor arguments as special cases, but also much irrational behavior."

344. Dhananjay K. Gode and Shyam Sunder (1993) – **Allocative Efficiency of Markets with Zero-Intelligence Traders: Market as a Partial Substitute for Individual Rationality** – Journal of Political Economy CI::119-37 – Carnegie Mellon University – http://cadia.ru.is/wiki/_media/public:i-700-abms-07-1:gode_and_sunder_1993_jpe_allocative_efficiency.pdf
"We report market experiments in which human traders are replaced by 'zero-intelligence' programs that submit random bids and offers. Imposing a budget constraint (ie, not permitting traders to sell below their costs or buy above their values) is sufficient to raise the allocative efficiency of these auctions close to 100 percent."

345. Christian Erik Kampmann andJohn D. Sterman (2014) – **Do markets mitigate misperceptions of feedback?** – System Dynamics Review 30:123–160 doi:10.1002/sdr.1515 – System Dynamics Group, MIT Sloan School of Management
"We develop experimental markets to explore whether different price institutions improve performance in dynamic decision tasks. We find: (i) … and (ii) markets improve performance, though it remains significantly below optimal."

346. Robert M. Solow (1956) **- A Contribution to the Theory of Economic Growth** – The Quarterly Journal of Economics 70:65–94 doi:10.2307/1884513 – Massachusetts Institute of Technology – http://faculty.lebow.drexel.edu/LainczC/cal38/Growth/Solow_1956.pdf
"All theory depends on assumptions which are not quite true. That is what makes it theory. The art of successful theorizing is to make the inevitable simplifying assumptions in such a way that the final results are not very sensitive."

347. David I. Stern (2004) – **The rise and fall of the environmental Kuznets curve** – World Development 32:1419–1439 doi:10.1016/j.worlddev.2004.03.004 – Rensselaer Polytechnic Institute – http://steadystate.org/wp-content/uploads/Stern_KuznetsCurve.pdf
"Recent evidence shows however, that developing countries are addressing environmental issues, sometimes adopting developed country standards with a

short time lag and sometimes performing better than some wealthy countries, and that the EKC results have a very flimsy statistical foundation."

348. Wang et al (2013) – **Estimating the environmental Kuznets curve for ecological footprint at the global level: A spatial econometric approach** – Ecological Indicators 43:15-21 doi:10.1016/j.ecolind.2013.03.021 – Key Laboratory of Coastal Zone Environmental Processes and Ecological Remediation, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences – 4 autores
"The results do not show evidence of inverted U-shape Environmental Kuznets Curve. The domestic ecological footprint of consumption (or production) was obviously influenced by the ecological footprint of consumption (or production), income and biocapacity in neighborhood countries. We also found that the consumption footprint is more sensitive to domestic income, while production footprint is more sensitive to domestic biocapacity, which is often unnoticed in EKC hypothesis analyses that focus exclusively on the consumption-based or production-based indictors."

349. Marina Fischer-Kowalski et al (2011) – **Decoupling Natural Resource Use and Environmental Impacts from Economic Growth** – United Nations Environment Programme – International Resource Panel – Working Group on Decoupling – http://www.unep.org/resourcepanel/decoupling/files/pdf/Decoupling_Report_English.pdf – 12 autores
"Decoupling will lead to absolute reductions in resource use only when the growth rate of resource productivity exceeds the growth rate of the economy. This latter case is reflected in the 'environmental Kuznets curve', where the environmental impact of production and consumption decreases as prosperity rises beyond a certain point. "

350. Robert M. Solow (1974) – **The Economics of Resources or the Resources of Economics** – The American Economic Review 74:1-14 – Massachusetts Institute of Technology – http://nordhaus.econ.yale.edu/documents/Solow_Resources.pdf
"…the world can, in effect, get along without natural resources, so exhaustion is just an event, not a catastrophe… at some finite cost, production can be freed of dependence on exhaustible resources altogether."

351. Ernst F. Schumacher (1973) – **Small is Beautiful: Economics as if People Mattered** – Sphere Books – Oxford University – ISBN-13: 978-0060916305 – 352 Págs. -
"If the economist … remains unaware of the fact that there are boundaries to applicability of the economic calculus, he is likely to fall into a similar kind of error as that of certain medieval theologians who tried to settle questions of physics by means of biblical quotations. Every science is beneficial within its proper limits, but becomes evil and destructive as soon as it transgresses them. (p. 42)"

352. John Foster (2004) – **Why is Economics not a Complex Systems Science?** – Discussion Paper No. 336 – School of Economics, The University of Queensland – http://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/macrocas.foster.pdf
"It is argued that all parts of the economy are inhabited by complex adaptive systems operating in complicated historical contexts and that this should be acknowledged at the core of economic analysis. It is explained how economics

changes in fundamental ways when such a perspective is adopted, even if the presumption that people will try to optimize subject to constraints is retained."

353. David Colander et al (2004) – **The changing face of mainstream economics** – Review of Political Economy 16:485-499 doi:10.1080/0953825042000256702 – Middlebury College – http://cat2.middlebury.edu/econ/repec/mdl/ancoec/0327.pdf
"This article argues that economics is currently undergoing a fundamental shift in its method, away from neoclassical economics and into something new. Although that something new has not been fully developed, it is beginning to take form and is centered on dynamics, recursive methods and complexity theory. The foundation of this change is coming from economists who are doing cutting edge work and influencing mainstream economics. These economists are defining and laying the theoretical groundwork for the fundamental shift that is occurring in the economics profession."

354. Jesús Ramos-Martin (2003) – **Empiricism In Ecological Economics: A Perspective From Complex Systems Theory** – Ecological Economics 46:387-398 doi:10.1016/S0921-8009(03)00191-5 – Departament d'Economia I d'Història Econòmica, Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals, Universitat Autònoma de Barcelona
"Economies are open complex adaptive systems far from thermodynamic equilibrium, and neo-classical environmental economics seems not to be the best way to describe the behaviour of such systems. Standard econometric analysis (i.e. time series) takes a deterministic and predictive approach, which encourages the search for predictive policy to 'correct' environmental problems. Rather, it seems that, because of the characteristics of economic systems, an ex-post analysis is more appropriate, which describes the emergence of such systems' properties, and which sees policy as a social steering mechanism. With this background, some of the recent empirical work published in the field of ecological economics that follows the approach defended here is presented."

355. Laurence Arnold – **Jay Levy, Part of 'Dynasty' That Forecast 2008 Crash, Dies at 90** – Bloomberg, 09/10/2012 – http://www.bloomberg.com/news/2012-10-08/jay-levy-part-of-dynasty-that-forecast-2008-crash-dies-at-90.html
"'It's a simple equation based on common sense'," Levy told the New York Times for a 1988 article. 'We all know that large profits persuade businesses to expand and that skimpy profits lead business to retrench. Yet almost all other economists overlook profits in forecasting, while we believe that by focusing on total business profits you get the most accurate forecast possible, since profits are what motivate most of the production in a private-enterprise economy.'."

356. David A. Levy et al (1997) **- Where Profits Come From: Answering the Critical Question That Few Ever Ask** – Levy Forecast – http://www.levyforecast.com/assets/Profits.pdf
"Yet conventional macroeconomics, the study of the economy as a whole, rarely considers the role of total profits. When most business cycle analysts address the economy's overall performance, they focus on gross domestic product (GDP) and largely ignore aggregate profits. This is like assessing a firm's health by looking at its sales but not at its bottom line. In fact, any comprehensive analysis of business cycle dynamics must consider aggregate profits. For this reason, where profits come from and what determines their magnitude are critical

questions. The view of the economy that focuses on the profit creation process is the profits perspective."

357. Bernard Guerrien (2004) – **Is There Someting To Expect From Game Theory?** – En: Edward Fullbrook (ed.), A Guide to What's Wrong with Economics, Anthem Press, London and New York, 2004 – Université Paris 1 (Panthéon-Sorbonne) – http://bernardguerrien.com/Sometingtoexpectfromgametheory.pdf
"If the answer that you are given is of the kind: theory always simplifies, it tries to explain 'stylised facts', to understand what rational choices can be in different kinds of situations (catching some important aspects of real life), then ask: 'OK, but then, can you tell me what are the predictions of game theory, its proposed 'solutions'?r … If it doesn't come, or if it is confused, then close your eyes and your ears, and refuse all the figures and maths studying "properties" of Nash equilibria, and so on."

358. **Dynamic stochastic general equilibrium** – Wikipedia , 30/12/2011 – http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_stochastic_general_equilibrium
"The European Central Bank (ECB) has developed a DSGE model, often called the Smets–Wouters model,[7] which it uses to analyze the economy of the Eurozone as a whole (in other words, the model does not analyze individual European countries separately) … Willem Buiter of the London School of Economics has argued that DSGE models rely excessively on an assumption of complete markets, and are unable to describe the highly nonlinear dynamics of economic fluctuations, making training in 'state-of-the-art' macroeconomic modeling "a privately and socially costly waste of time and resources."

359. Olivier Blanchard (2014) – **Where Danger Lurks** – Finance & Development – IMF's Economic Counsellor and head of its Research Department – http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2014/09/pdf/blanchard.pdf
"But this answer skirts a harder question: How should we modify our benchmark models—the so-called dynamic stochastic general equilibrium (DSGE) models that we use, for example, at the IMF to think about alternative scenarios and to quantify the effects of policy decisions? The easy and uncontroversial part of the answer is that the DSGE models should be expanded to better recognize the role of the financial system—and this is happening. But should these models be able to describe how the economy behaves in the dark corners? "

360. Donald Saari (1995) – **Mathematical complexity of simple economics** – Notices of the American Mathematical Society 42:222-230 – Department of Mathematics, Northwestern University – http://cema.cufe.edu.cn/admin/data/uploadfile/200907/20090720082740710.pdf
"Sonnenschein provided an answer, Mantel [M] improved it, and Debreu [De1] proved the version of the SMD theorem … ensures there exist endowments and continuous, strictly convex preferences for the a n agents so that, at least on the trimmed price simplex, the aggregate excess demand function is the chosen vector field. It now is trivial to dismiss the Smith story simply by choosing a vector field of the kind illustrated in Figure 2a with a lone, unstable equilibrium."

361. Mark Buchanan – **Arrow-Debreu Derangement Syndrome** – The Physics of Finance, 11/08/2014 –

http://physicsoffinance.blogspot.se/2014/08/arrow-debreu-derangement-syndrome.html
"The attention, I suspect, must come from some prior fascination with the idea of competitive equilibrium, and a desire to see the world through that lens, a desire that is more powerful than the desire to understand the real world itself. This fascination really does hold a kind of deranging power over economic theorists, so powerful that they lose the ability to think in even minimally logical terms; they fail to distinguish necessary from sufficient conditions, and manage to overlook the issue of the stability of equilibria. "

362. Mark Buchanan – **Arrow-Debreu Derangement Syndrome** – The Physics of Finance, 11/08/2014 – http://physicsoffinance.blogspot.se/2014/08/arrow-debreu-derangement-syndrome.html
"If the demon tried to tell you that these theorems were at the very core of today's theoretical approach to (much of) economics, you'd think he or she was joking. If the demon insisted, you'd suspect you were dealing with an insane demon; and if you discovered the demon was right, you suspect the economics profession of being deranged. At least I would…"

363. Geoff Davies (2013) – **Sack the Economists and Disband Their Departments** – BWM Books – ISBN-13: 978-0992360368 – 252 Págs. – http://sacktheeconomists.com/
"Mainstream economics has multiple fundamental flaws that cause great harm to people's lives, to societies and to the planet. This book concisely and simply explains the flaws, and uses modern knowledge and systems ideas to show how market economies can be more sensibly managed to deliver a healthy and more equitable world."

364. Steve Keen (2001) – **Debunking Economics, The Naked Emperor of the Social Sciences** – Pluto Press – University of Western Sydney – ISBN-13: 978-1856499927 – 352 Págs.

365. John F. Muth (1961) – **Rational Expectations and the Theory of Price Movements** – Econometrica 29:6 – Carnegie Institute of Technology – http://www.fep.up.pt/docentes/pcosme/S-E-1/se1_trab_0910/se1.pdf
"In order to explain fairly simply how expectations are formed, we advance the hypothesis that they are essentially the same as the predictions of the relevant economic theory."

366. Brian Arthur (1999) – **Complexity and the Economy** – Science 284:107-109 doi:10.1126/science.284.5411.107 – Citibank Professor, Santa Fe Institute
"This "rational expectations" approach is valid. But it assumes that agents can somehow deduce in advance what model will work, and that everyone "knows" that everyone knows to use this model (the common knowledge assumption.) What happens when forecasting models are not obvious and must be formed individually by agents who are not privy to the expectations of others? … Deductively there is an infinite regress. No "correct" expectational model can be assumed to be common knowledge, and from the agents' viewpoint, the problem is ill-defined."

367. John Jos. Miller (2005) – **A Gift of Freedom: How the John M. Olin Foundation Changed America** – Encounter Books – Writer for 'National Review' and contributing editor of 'Philanthropy' – ISBN-13: 978-1594031175 – 200 Págs.

"Philanthropic foundations played a key role in obscuring the connection between the CIA and its funding recipients … "All available evidence points to the conclusion that the Vernon Fund is a creation of the CIA", said the Post … At the time, [Kristol] did not know about the CIA's covert support of [the British magazine] Encounter." (p. 26,27,49)

368. Richard A. Posner (1977) – **Economic Analysis of Law** – Little, Brown and Company – ISBN-13: 978-0316714389 – 666 Págs.
"Economics turns out to be a powerful tool of normative analysis of law and legal institutions – a source of criticism and reform."

369. John L.R. Proops (1983) – **Organisation and dissipation in economic systems** – Journal of Social and Biological Structures 6:353-366 doi:10.1016/S0140-1750(83)90145-8 – Department of Economics, University of Keele
"It is argued that if a physical viewpoint is taken, economies can be considered as self-organizing dissipative systems. Measures of organization and dissipation are proposed and empirical analysis indicates that organization and energy dissipation increase together for economic systems, and there is weaker evidence that energy 'efficiency' also increases with organization."

370. Arto Annila and Stanley Salthe (2009) – **Economies Evolve by Energy Dispersal** – Entropy 11:606-633 doi:10.3390/e11040606 – Department of Biosciences + Institute of Biotechnology + Department of Physics, University of Helsinki; Biological Sciences, Binghamton University
"It is not surprising that a statistical description yields statistical laws and regularities that are characteristic of diverse economic systems, but it is intriguing that the same theory also provides insight into the decision making by individual agents."

371. François Roddier – **Thermodynamique de l'évolution : Un essai de thermo-bio-sociologie** – Éditions Parole – ISBN-13: 978-2917141328 – 100 Págs. – http://www.editions-parole.net/?wpsc-product=thermodynamique-de-levolution-un-essai-de-thermo-bio-sociologie
"Ce livre n'est pas facile à lire. Pourtant, il est génial : il nous donne l'intelligence de comprendre une myriade de choses dont le sens nous échappait. Nous comprenons même de façon intuitive ce que nous ne comprenons pas. C'est jubilatoire."

372. Inge Røpke (2004) – **The early history of modern ecological economics** – Ecological Economics 50:293-314 doi:10.1016/j.ecolecon.2004.02.012 – Department of Manufacturing Engineering and Management, Technical University of Denmark – http://www.uvm.edu:8889/~gundiee/publications/Ropke_2004.pdf
"Whereas classical thermodynamics focused on equilibria in 'isolated' systems, Prigogine and others studied systems that are closed with regard to matter, but receive and give off energy. Such systems can be far from equilibrium, the processes taking place can be irreversible, and new structures can emerge—dissipative structures that are dependent upon continuous supply and the giving off of energy. The processes can be analysed by using the mathematics" related to non-linear dynamics that was integrated with systems theory in the 1960s."

373. Charles A.S. Hall and John W. Day, Jr. (2009) – **Revisiting the Limits to Growth After Peak Oil** - American Scientist – College of Environmental Science and Forestry of the State University of New York at Syracuse; professor emeritus in the Department of Oceanography and Coastal Sciences of Louisiana

State University – http://www.esf.edu/efb/hall/2009-05Hall0327.pdf
"For those few scientists who still cared about resource-scarcity issues, there was not any specific place to apply for grants at the National Science Foundation or even the Department of Energy (except for studies to improve energy efficiency), so most of our best energy analysts worked on these issues on the weekend, after retirement or pro bono. With very few exceptions graduate training in energy analysis or limits to growth withered."

374. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"One of the consequences of the eclipse of "The Limits to Growth" in the 1990s was to slow down the development of studies on world modeling intended as including both the economy and the ecosystem as endogenous factors. Certainly, nearly all who examined this issue found that public funding to support their work essentially impossible to obtain. Today, an examination of the field (Fiddaman 2010a, b), shows that several such models have been developed or are being developed. However, the field does not seem to have reached the level of activity that one would expect for such an important issue."

375. Mark Buchanan – **This Economy Does Not Compute** – The New York Times, 01/10/2008 – http://www.nytimes.com/2008/10/01/opinion/01buchanan.html

"That's not really surprising, of course. But the model also shows something that is not at all obvious. The instability doesn't grow in the market gradually, but arrives suddenly. Beyond a certain threshold the virtual market abruptly loses its stability in a "phase transition" akin to the way ice abruptly melts into liquid water. Beyond this point, collective financial meltdown becomes effectively certain. This is the kind of possibility that equilibrium thinking cannot even entertain."

376. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Pero los límites del crecimiento no limitan el número de personas, automóviles, casa o fábricas, al menos no directamente. Lo que limitan es el caudal productivo, es decir, los flujos continuos de material y energía que se precisan para mantener funcionando a la población, los automóviles, las casas o las fábricas." (p. 53-54)

377. **Ergodicidad** – Wikipedia, 20/05/2013 – http://es.wikipedia.org/wiki/Ergodicidad
"La ergodicidad es una propiedad muy importante de algunos sistemas mecánicos que permite justificar ciertos resultados de la mecánica estadística. Un sistema es ergódico si el único conjunto invariante de medida no nula de la hipersuperficie de energía constante del espacio de las fases es toda la hipersuperficie de energía constante. Los sistemas ergódicos tienen el interés de que en ellos el promedio temporal de ciertas magnitudes pueden obtenerse como promedios sobre el espacio de estados lo cual simplifica las predicciones sobre los mismos "

378. David Fisk (2011) – **Thermodynamics on Main Street: When entropy really counts in economics** – Ecological Economics 70:1931–1936

doi:10.1016/j.ecolecon.2011.06.012 – Imperial College London
"The implications of thermodynamics for economic theory have been a source of debate for 40 years. Adopting the framing used in modern engineering rather than physics suggests that the market place has already recognised most of these thermodynamic truths as self-evident rather than challenging basic concepts. The exception is the relatively small market for heat where the idea of thermodynamic grade, conveniently represented by the exergy or available work content of a heat source, exposes inconsistencies especially in monopoly supply and economic instruments. Earlier commentators were not wrong in the thrust of their criticisms of economic theory but may have been overly elaborate in their attack."

379. Samuel Alexander (2014) – **A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost** – Melbourne Sustainability Institute Working Paper – Post Carbon Pathways project – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/PostCarbonPathways_WP1_Alexander_Critique-of-Techno-Optimism_2014.pdf
"The central problem is that in a growth-orientated economy, efficiency gains are almost always reinvested into increasing production and consumption, not reducing them … even if there were an EKC, the 'turning point' in the curve would be occurring much too late in the process of development to validate anything like the conventional development path."

380. Jay Wright Forrester (1969) – **Urban Dynamics** – MIT Press – Massachusetts Institute of Technology – ISBN-13: 978-0262060264 – 285 Págs.

381. Sicco Mansholt – **Lettre à Franco Maria Malfati, président de la Commission européenne** – 09/02/1972 – Commissioner for Agriculture – http://ecorev.org/spip.php?article803
"Le rapport du M.I.T. sera publié prochainement … Les réflexions que je vous soumets sont fondées sur les conclusions du rapport et portent sur le thème suivant: Que pouvons-nous faire en tant qu'"Europe" et que devons-nous faire pour éviter que la machine ne se "grippe"? Les problèmes sont si fondamentaux, si complexes, et si étroitement liés que l'on peut se demander: Y a-t-il vraiment quelque chose à faire? L'Europe peut-elle intervenir? N'est-ce pas là une tâche qui concerne le monde entier?"

382. Timothée Duverger – **Souvenirs, Mansholt et les limites de la croissance** – Biosphère, 08/03/2014 – http://biosphere.blog.lemonde.fr/2014/03/08/souvenirs-mansholt-et-les-limites-de-la-croissance/
"Sicco Mansholt … revendique sa conversion: 'J'ai compris qu'il était impossible de s'en tirer par des adaptations : c'est l'ensemble de notre système qu'il faut revoir, sa philosophie qu'il faut radicalement changer.' Puis il va au bout de sa pensée: 'est-il possible de maintenir notre taux de croissance sans modifier profondément notre société ? En étudiant lucidement le problème, on voit bien que la réponse est non. Alors, il ne s'agit même plus de croissance zéro mais d'une croissance en dessous de zéro. "

383. Jay W. Forrester (1989) – **The Beginning of System Dynamics** – Banquet Talk at the international meeting of the System Dynamics Society Stuttgart Germany – http://web.mit.edu/sysdyn/sd-intro/D-4165-1.pdf
"And that the most damaging policy was to build low-cost housing. At that time, building low-cost housing was believed to be essential to reviving the inner cities. The conclusions of our work were not easily accepted. I recall one full

professor of social science in our fine institution at MIT coming to me and saying, 'I don't care whether you're right or wrong, the results are unacceptable.' So much for academic objectivity! Others, probably believing the same thing, put it more cautiously as, 'It doesn't make any difference whether you're right or wrong, urban officials and the residents of the inner city will never accept those ideas'."

384. David Michaels (2008) – **Doubt Is Their Product** – Oxford University Press – American Association for the Advancement of Science's Scientific Freedom and Responsibility Award – ISBN-13: 978-0195300673 – 384 Págs.
"Skewed studies produced for the most mercenary of purposes are now accepted as part of the game … Conduct that was once considered unacceptable and that should be considered unacceptable is no longer stigmatized or even acknowledged as being corrupt … Polluters and manufacturers of dangerous products also fund think tanks and other front groups that are well known for their antagonism toward regulation and devotion to 'free enterprise' and 'free markets'." (p. 55)

385. Ugo Bardi (2011) – **Los límites del crecimiento retomados** – Los Libros de la Catarata – Universidad de Florencia – ISBN-13: 978-8483198711 – 232 Págs.
"A pesar de la cualificación y de la experiencia de los autores, algunos comentarios de Cole y Curnow pusieron de relieve lo difícil que era… para personas no formadas en la dinámica de sistemas entender el propósito y la estructura del modelo dinámico." (p. 105)

386. S.D. Cole et al (1973) – **Models of doom: A Critique of the Limits to Growth** – Universe Publishing – Sussex Group – ISBN-13: 978-0876639054 – 244 Págs.
"Amazon: Claiming that the Sussex critics have applied 'micro reasoning to macro problems,' the autores of The Limits to Growth, in 'A Response to Sussex,' describe and analyze five major areas of disagreement between themselves and the Sussex autores."

387. Mauricio Schoijet (1999) – **Limits to Growth and the Rise of Catastrophism** – Environmental History 4:515-530 doi:10.2307/3985399 Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco
"A group from the University of Sussex … argued that FM started from Ricardian assumptions, and not surprisingly resulted in Ricardian conclusions that they could have received without copmputers … the essential question not asked by the Sussex researchers is whether Ricardo was right. "

388. William D. Nordhaus (1992) – **Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited** – Brookings Papers on Economic Activity – Yale University – http://www.brookings.edu/~/media/projects/bpea/1992 2/1992b_bpea_nordhaus_stavins_weitzman.pdf
"In the sections that follow, I will discuss some of the major concerns about economic growth from both theoretical and empirical points of view. I will use the limits-to-growth debate as a reference point to understand the earlier debate about the limits to and perils of growth, and to provide some perspective about the newer debate about environmental threats."

389. Graham M. Turner (2014) – **Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data** – MSSI Research Papers nº 4 – Melbourne Sustainable Society Institute, University of

Melbourne – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/MSSI-ResearchPaper-4_Turner_2014.pdf
"The US economist William Nordhaus made technically erroneous judgments (in 1992) by focusing on isolated equations in World3 without considering the influence that occurs through the feedbacks in the rest of the model."

390. Jay W. Forrester et al (1974) – **The Debate on World Dynamics: A Response to Nordhaus** – Policy Sciences 5:169-190 doi:10.1007/BF00148039 – Massachusetts – 3 autores
"However, a careful examination of his analysis shows that each point made by Nordhaus rests on a misunderstanding of World Dynamics, a misuse of empirical data, or an inability to analyze properly the dynamic behavior of the model by static equilibrium methods."

391. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"But this is not Forrester's assumption. Nordhaus had simply taken one of the equations from Forrester's model and had plotted it keeping constant all parameters except one (the "non food consumption" that he equates to GNP). But Forrester's model was never meant to work in this way. This point deserves to be explained in more detail."

392. William D. Nordhaus (1973) – **Word Dynamics: Measurements without Data** – The Economic Journal 332:1156-1183 – Yale University – http://aida.wss.yale.edu/~nordhaus/homepage/worlddynamics.pdf
"In the spirit of Malthus, World Dynamics predicts an end to the economic progress that the West has experienced since the Industrial Revolution. The predictions are impressive to laymen and scientists alike because they appear to be derived from sophisticated models and extensive sensitivity analysis. "

393. Jay W. Forrester et al (1974) - **The Debate on World Dynamics: A Response to Nordhaus** – Policy Sciences 5:169-190 doi:10.1007/BF00148039 – Massachusetts Institute of Technology – 3 autores
"Nordhaus incorrectly compares a single dimensional relationship in world dynamics … with time series data. He fails to account for the presence of other variables influencing the time series. As a result, he erroneously asserts that the model is inconsistent with the data. In fact, the data Nordhaus present support the validity of the World Dynamics model assumptions."

394. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"On this issue, it is surprising that the editors of the "Economic Journal," who published Nordhaus's paper, did not ask Forrester to reply; as it is common policy, and even courtesy, in cases such as this one."

395. Ugo Bardi (2011) – **Los límites del crecimiento retomados** – Los Libros de la Catarata – Departmento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Florencia – ISBN-13: 978-8483198711 – 232 Págs.
"Parece claro, a partir de esta discusión, que Nordhaus, en su crítica al libro de Forrester, había omitido algunos puntos básicos de los modelos y de los propósitos del modelado del mundo según la dinámica de sistemas. Desafortunadamente, sin embargo, el artículo de Nordhaus en 1973 dejó una

gran impronta en el subsiguiente debate, debido en parte a la reputación de Nordhaus y en parte al hecho de que la respuesta de Forrester [ref] no fue ampliamente conocida." (p. 118)
396. William D. Nordhaus, Hendrik Houthakker and Robert Solow (1973) – **The Allocation of Energy Resources** – Brookings Papers on Economic Activity 3:529-576 – Yale University – http://www.brookings.edu/~/media/projects/bpea/1973%203/1973c_bpea_nordhaus_houthakker_solow.pdf
"But we should not be haunted by the specter of the affluent society grinding to a halt for lack of energy resources."
397. William D. Nordhaus (1992) – **Lethal Model 2: The Limits to Growth Revisited** – Brookings Papers on Economic Activity – Yale University – http://www.brookings.edu/~/media/projects/bpea/1992%202/1992b_bpea_nordhaus_stavins_weitzman.pdf
"The dynamic behavior of the enormously complicated LTG was not fully understood (or even understandable) by anyone, either authors or critics." (p. 15)
398. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"As for the first category, we can take as an example the accusation of "lack of humility," made against Forrester. The gist of this accusation is that carrying world simulations all the way to the end of the twenty-first century is much too ambitious to make sense."
399. Paul Krugman (2008) – **Limits to Growth and Related Stuff** – The New York Times, 22/04/2008 – http://krugman.blogs.nytimes.com/2008/04/22/limits-to-growth-and-related-stuff/comment-page-1/
"The essential story there was one of hard-science arrogance: Forrester, an eminent professor of engineering, decided to try his hand at economics, and basically said, "I'm going to do economics with equations!"
400. Paul Krugman – **Slow Steaming and the Supposed Limits to Growth** – New York Times, 07/10/2014 – http://krugman.blogs.nytimes.com/2014/10/07/slow-steaming-and-the-supposed-limits-to-growth/
"A few days ago Mark Buchanan at Bloomberg published a piece titled "Economists are blind to the limits of growth" making the standard hard-science argument. And I do mean standard; not only does he make the usual blithe claims about what economists never think about; even his title is almost exactly the same as the classic (in the sense of classically foolish) Jay Forrester book that my old mentor, Bill Nordhaus, demolished so effectively forty years ago."
401. Paul Krugman – **Slow Steaming and the Supposed Limits to Growth** – New York Times, 07/10/2014 – http://krugman.blogs.nytimes.com/2014/10/07/slow-steaming-and-the-supposed-limits-to-growth/
"So what happens when you switch to slow steaming? Any one ship will carry less freight over the course of a year, because it can do fewer swings of the pendulum (although the number of trips won't fall as much as the reduction in speed, because the time spent loading and unloading doesn't change.) But you can still carry as much freight as before, simply by using more ships — that is,

by supplying more labor and capital. If you do that, output — the number of tons shipped — hasn't changed; but fuel consumption has fallen. And of course by using still more ships, you can combine higher output with less fuel consumption. "

402. Ugo Bardi – **Paul Krugman and The Tortoise: Why the Limits to Growth Are Real** – Common Dreams, 07/11/2014 – http://www.commondreams.org/views/2014/11/07/paul-krugman-and-tortoise-why-limits-growth-are-real
"So, Krugman's argument may to be indeed a paradox in the sense that the attempt to increase the GDP by saving energy may well backfire; creating the opposite effect … switching from a limited mineral resource (fossil fuels) to other limited mineral resources (metals and others) merely amounts to shifting the problem to one sector of the economy to another. Energy saving is a good thing, but we don't have to take it as the miracle that keeps GDP growing forever."

403. Richard Heinberg – **Paul Krugman and the Limits of Hubris** – Post Carbon Institute, 10/10/2014 – http://www.postcarbon.org/paul-krugman-and-the-limits-of-hubris/
"When we look at many (not all) efficiency gains this way—that is, from a systems perspective—much of the advantage tends to disappear."

404. Richard Heinberg (2014) – **Paul Krugman y los límites de la arrogancia** – Última Llamada, 01/11/2014 – http://ultimallamadamanifiesto.wordpress.com/2014/11/01/paul-krugman-vs-richard-heinberg-la-desmesura-sentando-catedra/
"Pero el Sr. Krugman no completa este razonamiento. Si está queriendo decir que no hay límites al crecimiento porque se puede hacer un uso más eficiente de la energía, entonces lógicamente también debe sostener que la eficiencia energética puede mejorarse indefinidamente, al menos hasta el punto de que no haga falta energía para mover la economía (digo "al menos" porque, supuestamente, incluso entonces sería necesario seguir creciendo para probar que no existen límites). Y eso, como cualquier físico sabe, es pura fantasía."

405. Ronald Bailey – **Doom** – Forbes, 16/10/1989 – Science editor
"'Limits to Growth' predicted that at 1972 rates of growth the world would run out of gold by 1981, mercury by 1985, tin by 1987, zinc by 1990, petroleum by 1992, copper, lead and natural gas by 1993."

406. Graham M. Turner (2008) – **A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality** – Global Environmental Change 18:397- 411 doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001 – CSIRO Sustainable Ecosystems – http://graduateinstitute.ch/files/live/sites/iheid/files/sites/political_science/users/elena.gadjanova/public/Issues%20in%20Env%20Politics%202010/Turner%202008.pdf
"Some critiques, such as that in Lomborg (2001) and McCabe (1998), specifically identify a table (number 4) of non-renewable natural resources and inappropriately select data (from column 5) that fits their criticism while ignoring other data (column 6) that illustrate extended resource lifetimes due to expanded reserves."

407. Bjørn Lomborg (2012) – **Environmental Alarmism, Then and Now** – National Center for Policy Analysis, 12/07/2012 – http://www.ncpa.org/sub/dpd/index.php?Article_ID=22124
"This alarmism, however, was clearly unfounded. For starters, much of the

predictions of the club's tome have failed to come to pass … Before 2012, they concluded, the world would exhaust supplies of aluminum, copper, gold, lead, mercury, natural gas, oil, silver, tin, tungsten and zinc — 12 of the 19 resources they examined."

408. Bjorn Lomborg – **Environmental Alarmism, Then and Now: The Club of Rome's Problem — and Ours** – Foreign Affairs, 01/07/2012 – http://www.foreignaffairs.com/articles/137681/bjorn-lomborg/environmental-alarmism-then-and-now
"Assuming exponentially increasing demand, The Limits to Growth calculated how soon after 1970 various resources would be exhausted. Their conclusion was that before 2012, the world would run out of aluminum, copper, gold, lead, mercury, molybdenum, natural gas, oil, silver, tin, tungsten, and zinc—12of the 19 substances they looked at. They were simply and spectacularly wrong."

409. Ronald Bailey – **Doom** – Forbes, 16/10/1989 – Science editor
"Limits to Growth" predicted that at 1972 rates of growth the world would run out of gold by 1981, mercury by 1985, tin by 1987, zinc by 1990, petroleum by 1992, copper, lead and natural gas by 1993."

410. Bjorn Lomborg and Olivier Rubin (2002) – **The dustbin of history: limits to growth'** – Foreign Policy 133:42-44 – http://www.foreignpolicy.com/articles/2002/11/01/the_dustbin_of_history_limits_to_growth
"According to Darwinism, species that adapt to their environment thrive; those that fail to evolve face extinction. The same is true for ideas."

411. George J. W. Goodman (1987) – **Debt, the Grim Reaper** – The New York Times, 12/04/1987 – http://www.nytimes.com/1987/04/12/books/debt-the-grim-reaper.html
"Ten years ago the Club of Rome – and a number of other economic prognosticators – predicted shortages of everything. Oil would go up to $200 a barrel and the planet would starve."

412. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"En 1972, el Club de Roma publicó Los Límites del Crecimiento, que ponía en tela de juicio la sostenibilidad del crecimiento de la economía y la población. Los Límites del Crecimiento calculaba que ahora mismo estaríamos asistiendo a un declive de la producción de alimentos, de la población, de la disponibilidad de energía y de la esperanza de vida. Ninguno de estos fenómenos han empezado siquiera a producirse, ni existe ninguna perspectiva inmediata de que vayan a hacerlo. Así que el club de Roma se equivocó. ExxonMobil" (p. 327)

413. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs.
"El prestigioso Club de Roma, formado por científicos, políticos e investigadores, a principios de la década de 1970 cometió el atrevimiento de pronosticar el final del petróleo hacia 1992."

414. Naomi Oreskes and Erik M. Conway (2010) – **Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming** – Bloomsbury New York, 27/10/2010 – Professor of History Science Studies Program University of California; National Aeronautics and Space Administration – http://climatecontroversies.ulb.ac.be/wp-content/uploads/slides/oreskes.pdf

"In 1984, Singer wrote an essay for the Cornucopian book 'The Resourceful Earth', edited by Julian L. Simon and Herman Kahn … At the time of the book, Simon was a fellow of the Heritage Foundation … Singer's position in his chapter 'World demand for oil' revealed a full-fledged Cornucopianism …" (p. 300n)

415. Michelle Goldberg (2006) – **Kingdom Coming: The Rise of Christian Nationalism** – W. W. Norton & Company – ISBN-13: 978-0393329766 – 253 Págs.
"Phillips discovered Rushdoony through Frank Wakton, the former head of the Heritage Foundation, who gave him a Rushdoony tract arguing that socialized medicine is unbiblical. He and Rushdoony later became friends, and Phillips embraced Reconstructionism … For Phillips, the fight over judges is ultimately a fight over the right to impose biblical law." (p. 165-167)

416. Julian L. Simon (1995) – **The State of Humanity: Steadily Improving** – Cato Institute, 09/1995 – Professor of Economics and Business Administration, University of Illinois + Cato Institute – http://www.cato.org/policy-report/septemberoctober-1995/state-humanity-steadily-improving
"Technology exists now to produce in virtually inexhaustible quantities just about all the products made by nature… We have in our hands now — actually, in our libraries — the technology to feed, clothe, and supply energy to an ever-growing population for the next 7 billion years … Even if no new knowledge were ever gained after those advances, we would be able to go on increasing our population forever, while improving our standard of living and our control over our environment."

417. Albert A. Barlett (1996) – **The exponential function XI: The new flat earth society** – The Physics Teacher 34:342-343 – University of Colorado – http://www.euroistruzione.it/images/Interregionale/RS2 – The New Flat Earth Society.pdf "The number given in Eq. (5) [1% increasing population for 7 million years, as (Simon 1995) suggests] is something like 30 kilo-orders of magnitude larger than the number of atoms estimated to be in the known universe! This of course assumes that the universe, like the Earth, is spherical, which could hardly be correct if the Earth is flat and is of infinite lateral extent. A related question comes to mind: If world population growth continues at a rate of 1% per year, how long would it take for the population to grow until the number of people was equal to this estimate of the number of atoms in the known universe? … 17.000 years."

418. Gerald O. Barney (1980) – **Global 2000 Report to the President of the United States**: The Summary Report - With Environment Projections and the Government's Global Model v. 1: Entering the 21st Century – Pergamon Press – http://www.geraldbarney.com/Global_2000_Report/G2000-Eng-Pergamon/G000-PergamonPreface.pdf
"The Global Report is not a prediction of doom. It is, however, a projection of world conditions that could develop by the end of this century if very real problems are ignored."

419. E. Evenson and D. Gollin (2003) – **Assessing the Impact of the Green Revolution, 1960 to 2000** – Science 300:758-762 doi:10.1126/science.1078710 – 02/05/2003 – Department of Economics, Yale University – 2 autores
"But if the past offers guidance for the future, a strong public sector role will continue to be needed. In most crops and most regions of the developing world,

private sector agricultural research is not likely to generate large impacts on production or social welfare."
420. Katherine A. Kiel et al (2009) – **Luck or skill? An examination of the Ehrlich–Simon bet** – Ecological Economics 69:1365–1367 doi:10.1016/j.ecolecon.2010.03.007 – Department of Economics, College of the Holy Cross – http://college.holycross.edu/RePEc/hcx/Kiel-Matheson_EhrlichSimon.pdf
"Contrary to the popular perception, however, an examination of the price history of the identical bundle of goods from 1900-2007 shows that Ehrlich and not Simon would have won a majority of the bets over the past century and would have done so by a wide margin."
421. Chip Berlet and Matthew N. Lyons (2000) – **Right-Wing Populism in America: Too Close for Comfort** – The Public Eye Magazine – http://www.publiceye.org/larouche/synthesis.html
"Unlike some neonazis, the LaRouchites vilified the environmental movement and nature romanticism while praising high-technology projects such as nuclear power … Their attacks on the Club of Rome, an ecology and population control group, echoed a 1974 article in the rightist American Mercury entitled "The Curious Club of Rome," which asked whether the group was "merely a bunch of boring pedants and doom-sayers, or is it a sinister cabal aiming for world control?"
422. Milton Friedman (1953) – **Essays in Positive Economics Part I – The Methodology of Positive Economics** – University of Chicago Press – University of Chicago – http://dieoff.org/_Economics/TheMethodologyOfPositiveEconomics.htm
"In short, positive economics is, or can be, an "objective" science, in precisely the same sense as any of the physical sciences … Viewed as a body of substantive hypotheses, theory is to be judged by its predictive power for the class of phenomena which it is intended to 'explain.' Only factual evidence can show whether it is 'right' or 'wrong' or, better, tentatively 'accepted' as valid or 'rejected.' As I shall argue at greater length below, the only relevant test of the validity of a hypothesis is comparison of its predictions with experience."
423. Ugo Bardi (2011) – **Los límites del crecimiento retomados** – Los Libros de la Catarata – Universidad de Florencia – ISBN-13: 978-8483198711 – 232 Págs.
"El premio Nobel Milton Friedman usó el término 'estúpidas proyecciones' en una entrevista publicada por Carla Ravaioli en 1995 en su libro Economists and the Environment (p. 33) [ref]." (p. 172-173)
424. **Plenty of gloom** – The Economist, 20/12/1997 – http://www.economist.com/node/455855
"Forecasters of scarcity and doom are not only invariably wrong; they think that being wrong proves them right … Greenhouse warming was originally going to be uncontrolled. Then it was going to be 2.5–4 degrees in a century. Then it became 1.5–3 degrees (according to the United Nations)."
425. Amílcar O. Herrera (1977) – C**atástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano** – Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 1977 – Fundación Bariloche – http://www.idrc.ca/EN/Resources/Publications/openebooks/144-2/index.html
426. Ugo Bardi (2011) – **Los límites del crecimiento retomados** – Los Libros de la Catarata – Universidad de Florencia – ISBN-13: 978-8483198711 –

232 Págs.
"Entre estos estudios, por ejemplo, en 1977, Amílcar Herrera, de la Fundación Bariloche de Argentina, utilizó la dinámica de sistemas para estudiar el futuro de la economía Latinoamericana [ref]. Este trabajo pretendía refutar las predicciones de colapso del estudio de LDC, pero a pesar de algunos supuestos de entrada muy optimistas no fue posible desarrollar escenarios convincentes de este tipo"

427. Robert Golub and Joe Townsend (1977) – **Malthus, Multinationals and the Club of Rome** – Social Studies of Science 7:201-222 – Science Policy Research Unit; Department of Physics, University of Sussex
"We argue that it is the second-rank MNCs [multinational corporations], whose domestic governments are too weak to provide adequate support, who were most sensitive to the threats posed by these instabilities; and that it was the convergence of these fears with those of the 'neo-Malthusians' which led to the founding of the Club of Rome, the publication of Limits of Growth, and the almost universal acceptance of its thesis by the mass media."

428. Mauricio Schoijet (1999) – **Limits to Growth and the Rise of Catastrophism** – Environmental History 4:515-530 doi:10.2307/3985399 Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco
"The accusations against FM that they represented in some way the interests of the rich … was a form of demagoguery produced by the propaganda apparatuses of some of the most polluting and dangerous insudtries. "

429. Ugo Bardi – **A corollary to Godwin's law: the "law of genocidal intentions"** – The frog that jumped out, 26/03/2014 – http://thefrogthatjumpedout.blogspot.it/2014/03/a-corollary-to-godwins-law-law-of.html
"The sponsors of the study, the Club of Rome were later accused of being an evil organization dedicated to the extermination of most of the world's population. They were even accused to have created the AIDS virus specifically for this purpose."

430. James Delingpole – **Climate Change': there just aren't enough bullets** – The Telegraph, 22/12/2010 – James Delingpole is a writer, journalist and broadcaster who is right about everything – http://blogs.telegraph.co.uk/news/jamesdelingpole/100069327/climate-change-there-just-arent-enough-bullets/
"Always remember this: the Warmist faith so fervently held and promulgated by the Met Office is exactly the same faith so passionately, unswervingly followed by David Cameron, Chris Huhne, Greg Barker, the Coalition's energy spokesman in the Lords Lord Marland, and all but five members of the last parliament. And also by … Truly there just aren't enough bullets! "

431. Michael E. Mann (2012) – **The Hockey Stick and the Climate Wars: Dispatches from the Front Lines** – Columbia University Press – Penn State Earth System Science Center – ISBN-13: 978-0231152549 – 384 Págs.
"Marc Morano's comment in March 2010 that climate scientists 'desserve to be publicly flogged' seemed to set the tone [n]. That was just a few years after Fox's Glenn Beck had followed a litany of bogus allegations about the IPCC with the suggestion that climate scientists commit suicide [n.ref]. Earlier, right-wing provocateur Andrew Breitbart had 'twitted': 'Capital punishment for Dr. James Hansen. Climategate is high treason,' [n.ref] The use of such vitriol and

invective might be viewed as an effort to stoke the fires of irrationality, hate, and violence among sympathizers in the general population." (p. 225)

432. Ugo Bardi – **Cassandra's curse: how "The Limits to Growth" was demonized** – The Oil Drum Europe – 09/03/2014 – http://www.theoildrum.com/node/3551
"The criticism could also become aggressive and I can cite at least one internet page where you can read that the autores of the LTG book should be killed, cut to pieces, and their organs sent to organ banks."

433. Mauricio Schoijet (1999) – **Limits to Growth and the Rise of Catastrophism** – Environmental History 4:515-530 doi:10.2307/3985399 Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco
"The Soviet autores E. Modrzhinskaia and V. Kosolapov published books on the subject. The formerled a team of the Academy of Sciences. All obstacles to material progress, she argued, were purely social. She minimized in a systematic way the difficulties of new technologies and suggested short terms for their practical application. Some Western Marxists shared similar positions."

434. Ugo Bardi – **Cassandra's curse: how "The Limits to Growth" was demonized** – The Oil Drum Europe, 09/03/2014 – http://www.theoildrum.com/node/3551
"In 1997, the Italian economist Giorgio Nebbia, noted that the reaction against the LTG study had arrived from at least four different fronts … And this by Nebbia is a clearly incomplete list; forgetting religious fundamentalists, the political right, the believers in infinite growth, politicians seeking for easy solutions to all problems and many others."

435. Curtis A. Moore (2008) – **The Bloodless Coup: Corporations and the Rich Buy Their Way to Control** – Basel Action Network – Former counsel to the U.S. Senate Committee on Environment and Public Works from 1978 to 1989 – http://curtismoore.files.wordpress.com/2008/10/the-bloodless-coup.pdf
"In the summer of 1971, a relatively little known Richmond, Virginia lawyer wrote a memorandum that would alter history. It set in motion a series of events that would culminate in a tectonic shift in American policies and attitudes. In the near term, these events would enable the Republican Party to place itself in a position of political dominance and to exercise that power on behalf of its benefactors, the wealthy and, most especially, the corporations that they own and control."

436. William E. Simon (1978) – **A Time for Truth** – McGraw-Hill New York – ISBN: 9780070573789 – 248 Págs.
"The only party with a philosophical heritage which might permit it to be the Liberty Party in the United States is the Republican Party….The only thing that can save the Republican Party, in fact, is a counterintelligensia. Without such a reservoir of antiauthoritarian scholarship on which to draw, it is destined to remain the Stupid Party and to die. It may even deserve to die."

437. Curtis A. Moore (2008) – **The Bloodless Coup: Corporations and the Rich Buy Their Way to Control** – Basel Action Network – Former counsel to the U.S. Senate Committee on Environment and Public Works from 1978 to 1989 – http://curtismoore.files.wordpress.com/2008/10/the-bloodless-coup.pdf
"In the summer of 1971, a relatively little known Richmond, Virginia lawyer wrote a memorandum that would alter history. It set in motion a series of events that would culminate in a tectonic shift in American policies and attitudes."

438. David Vogel (1989) – **Fluctuating Fortunes: The Political Power of Business in America** – Beard Books – ISBN-13: 978-1587981692 – 352 Págs.
"'It took business about seven years to rediscover how to win in Washington.' Once they realized how the political scene had changed, corporations began to adopt the strategies that public-interest activists had used so effectively against them—grassroots organizing and coalition building, telephone and letter writing campaigns, using the media, research reports and testifying at hearings, "to maximize political influence."

439. Aaron Day – **Support the moral foundations of freedom** – The Atlas Society, visitado en 07/01/2013, texto actualmente no disponible – CEO
"The Atlas Society's primary focus remains promoting the moral foundations of freedom. In 2012, we had a record year for every key operating metric. More importantly, we have formed partnerships with Students for Liberty, Young Americans for Liberty, and The Leadership Institute that will allow us to effectively spread our positive message to the next generation. These groups represent tens of thousands of liberty-minded students and The Atlas Society is poised to provide the moral foundation for these groups and others."

440. Christian E. Weller and Laura Singleton (2006) – **Peddling reform: the role of think tanks in shaping the neoliberal policy agenda for the World Bank and International Monetary Fund** – En: Neoliberal Hegemony: a global critique – Dieter Plehwe Bernhard Walpen and Gisela Neunhöffer (2006) – Senior economist at the Center for American Progress + Research associate at the Economic Policy Institute; University of WISCONSIN+ Economic Policy Institute
"One of the reasons the neoliberal network has been so successful is that it understands government policy is based upon, and has subsequently developed, 'a conveyer belt of thinkers, academics, and activists [ref] to promote their agenda. Thus, foundations give money to a variety of sources to promote its neoliberal philosophies … [to those] who form the next generation of conservative researchers."

441. Jean M. Twenge et al (2012) – **Generational Differences in Young Adults' Life Goals, Concern for Others, and Civic Orientation, 1966–2009** – Journal of Personality and Social Psychology doi10.1037/a0027408 – 3 autores
"The results generally support the 'Generation Me' view of generational differences rather than the "Generation We" or no change views."

442. Rachel Carson (1962) – **La Primavera Silenciosa -**
"En la mitología griega, la hechicera Medea, encolerizada por verse suplantada por una rival en el afecto de su marido Jasón, obsequió a la nueva novia con una túnica que poseía propiedades mágicas. El que se la pusiera sufría en el acto una muerte violenta. Esta muerte por medios indirectos encuentra ahora su contrapartida en lo que se conoce por 'insecticidas sistemáticos'."

443. Juan de Ortega – **Ultimátum a la Tierra (IV): Comentarios a las respuestas** – Politikon, 23/07/2014 – http://politikon.es/2014/07/23/ultimatum-la-tierra-iv-comentarios-las-respuestas/

444. Mauricio Schoijet (1999) – **Limits to Growth and the Rise of Catastrophism** – Environmental History 4:515-530 doi:10.2307/3985399 – Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana de Xochimilco
"S. Fred Singer, who claimed that there were unlimited energy supplies and that large-scale desalination of sea water was possible, led the charge."

445. Bruno Estrada – **Los límites del decrecimiento** – El Diario, 07/11/2014 – Director de Estudios de la Fundación 1º de mayo – http://www.eldiario.es/zonacritica/limites-decrecimiento_6_322027825.html
"Sin embargo, la segunda ley de la termodinámica no puede considerarse un corset rígido sobre el crecimiento económico, ya que la condición para que se cumpla dicha ley es que no tiene que haber fuentes externas de energía. En la tierra tenemos un flujo constantemente renovado de energía solar directa que la actividad económica podría usarlo, con la tecnología adecuada, sin agotarlo ni destruirlo."

446. Pedro A. Prieto – **Crecer o no crecer, esta es la cuestión** – Última Llamada, 12/11/2014 – http://ultimallamadamanifiesto.wordpress.com/2014/11/12/pedro-prieto-crecer-o-no-crecer-esta-es-la-cuestion/
"Por tanto, los límites al crecimiento de nuestra especie y sus formas de vida actuales, no creo que sean una tesis, ni siquiera una ideología; son más bien una constatación matemática de un límite simple."

447. Marga Mediavilla – **El sentido común de los límites del crecimiento** – Última Llamada – 20/11/2014 – http://ultimallamadamanifiesto.wordpress.com/2014/11/20/marga-mediavilla-el-sentido-comun-de-los-limites-del-crecimiento/
"Desde el punto de vista material, la Tierra es un sistema cerrado, ya que los elementos contenidos en la corteza terrestre apenas se renuevan. Además, sólo en unos determinados lugares se encuentran concentrados (minas) y, debido a esta segunda ley, tienden a dispersarse."

448. Bruno Estrada – **Los límites del decrecimiento** – El Diario, 07/11/2014 – Director de Estudios de la Fundación 1º de mayo – http://www.eldiario.es/zonacritica/limites-decrecimiento_6_322027825.html
"Serge Latouche … [N]o ofrece ni un solo dato de costes de generación actualizados, ni estimación de evolución futura de la tecnología de captación de energía solar pero asegura inapelablemente que "es acertado considerar a la biosfera como un sistema casi cerrado y afirmar que el crecimiento infinito es incompatible con un planeta finito". Estos son los límites del decrecimiento: considerar a la biosfera como un sistema casi cerrado… La ideología, una vez más se impone a un análisis certero de la realidad."

449. Jan Tinbergen (1976) – **Reshaping International Order: A Report to the Club of Rome** – New York: E.P. Dutton – Professor Emeritus, University of Rotterdam – ISBN-13: 978-0525043409 – http://www.clubofrome.org/?p=1174
"Unlike the two earlier reports to the Club of Rome, this one emphasizes development, distribution and improved welfare that will require a good deal of economic growth."

450. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"Another study sponsored by the Club of Rome was performed by the Dutch economist and Nobel Prize winner Jan Tinbergen, whose work was titled, "RIO, Reshaping the International Order" (1977). However, this study emphasized economic growth rather than limits and, eventually, the Club of Rome withdrew its support of it."

451. Ernst Ulrich von Weizsäcker, Amory B. Lovins y L. Hunter Lovins (1997) – **Factor 4 : duplicar el bienestar con la mitad de los recursos naturales : informe al club de Roma** – Círculo de lectores – ISBN: 8422664054 – 429 Págs.

452. Ronald Bailey (1993) – **Eco-Scam: The False Prophets of the Ecological Apocalypse** – St. Martin's Press New York (citat a Peter Jaques 2006) – ISBN-13: 978-0312109714 – 228 Págs.
"A cadre of professional 'apocalypse abusers' frightens the public with lurid scenarios of a devastated earth, overrun by starving hordes of humanity, raped of its precious non-renewable resources, poisoned by pesticides, pollution, and genetically engineered plagues, and baked by greenhouse warming. The new millenarians no longer expect a wrathful God to end the world in a rain of fire or overwhelming deluge (ref)."

453. Graham Readfearn – **The Millions Behind Bjorn Lomborg's Copenhagen Consensus Center US Think Tank** – Desmogblog, 24/06/2014 – http://www.desmogblog.com/2014/06/25/millions-behind-bjorn-lomborg-copenhagen-consensus-center
"Documents filed with the Internal Revenue Service show that by the end of 2011, some $2 million in donations had already hit CCC's US bank account. Since registering as a US-based non-profit organisation in 2008, tax records show the Copenhagen Consensus Center has attracted $4.3 million in donations with almost half that coming in 2012, the most recent year where public records are available. Lomborg's compensation for his CCC work that year was $775,000, according to the tax records. "

454. Axel Leijonhufvud (2011) – **Nature of an economy** – Center for Economic Policy Analysis – UCLA and University of Trento – http://www.cepr.org/sites/default/files/policy_insights/PolicyInsight53.pdf
"Accepting that the future cannot be known with certainty, even as a probability distribution, means recognising that we are dealing with an open system. And then the usefulness of many tools of the trade comes into doubt."

455. Ugo Bardi (2014) – **Mind Sized World Models** – Sustainability 5:896-911 doi:10.3390/su5030896 – Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze
"The World3 model was built around five main stocks: (1) population, (2) non-renewable (mineral) resources, (3) renewable (agricultural) resources, (4) capital resources, and (5) pollution. "

456. Joseph A. Tainter (1996) **- Complexity, Problem Solving, and Sustainable Societies** – En: Getting Down To Earth: Practical Applications of Ecological Economics, Island Press, 1996; ISBN 1-55963-503-7 – Rocky Mountain Research Station, United States Department of Agriculture Forest Service – http://dieoff.org/page134.htm
"We have the the opportunity to become the first people in history to understand how a society's problem-solving abilities change. To know that this is possible yet not to act upon it would be a great failure of the practical application of ecological economics."

457. Jørgen Randers (2012) – **The real message of the Limits to Growth: a plea for forward-looking global policy** – Gaia-Ecological Perspectives for Science and Society 21:102-105 – Professor of climate strategy at the BI Norwegian Business School –
http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/93630/Randers_Gaia_2012

.pdf
"LtG's unfortunate choice of words led to decades of unnecessary public controversy, because most readers interpreted the word "growth" as identical to economic growth or growth in GDP (gross domestic product), and argued against LtG's message on this mistaken basis."

458. Mathis Wackernagel and William E. Rees (1997) – **Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: economics from an ecological footprint perspective** – Ecological Economics 20:3–24 doi:10.1016/S0921-8009(96)00077-8 – Universidad Anáhuac de Xalapa; School of Community and Regional Planning, University of British Columbia
"This paper argues that perceptual distortions and prevailing economic rationality, far from encouraging investment in natural capital, actually accelerate the depletion of natural capital stocks."

459. Williams E. Rees et al (1996) – **Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth** – New Society Publishers – ISBN-13: 978-0865713123 – 160 Págs.

460. Óscar Carpintero (2005) – **El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)** – Fundación César Manrique – https://es.scribd.com/doc/51906647/Carpintero-metabolismo-Espana
"Se puede decir que fue el físico austriaco Leopold Pfaundler quien escribió uno de los primeros textos bien fundamentados sobre la capacidad de sustentación de la Tierra, en el que se interrogaba sobre la población máxima que podría vivir dentro de un territorio acotado."

461. Jeroen C.J.M van den Bergh and Harmen Verbruggen (1999) – **Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'** – Ecological Economics 129:61–72 doi:10.1016/S0921-8009(99)00032-4 – Department of Spatial Economics, Vrije Universiteit; Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit -
"Its concept and calculation procedure are criticised on a number of points, and it is concluded that the Ecological Footprint is not the comprehensive and transparent planning tool as is often assumed. "

462. Dennis Meadows – **Club of Rome conference Bucharest 2012** – De(s)varia materia – 02/10/2012 – http://casdeiro.info/textos/index.php/2013/11/22/15-15-en-quince-anos-solo-nos-quedara-el-15-del-petroleo/

463. Jørgen Randers (2012) – **2052: A Global Forecast for the Next Forty Years** – Chelsea Green Publishing – Professor of Climate Strategy, BI Norwegian Business School; Sustainability Council, The Dow Chemical Company – ISBN-13: 978-1603584210 – 416 Págs. – http://www.2052.info/
"I basically believe that we will see the same rate of technological and societal change over the next forty years as we have seen over the last forty years. That is because the drivers will be the same and the organization of global society is unlikely to change discontinuously. " (p. 61)

464. Karl J. Åström and P.R. Kumar (2014) – **Control: A perspective** – Automatica 50:3–43 doi:10.1016/j.automatica.2013.10.012 – Department of Automatic Control, Lund University; Department of Electrical & Computer Engineering – http://www.smp.uq.edu.au/people/YoniNazarathy/Control4406_2014/resources/AstromKumarControlPerspective2014.pdf

"Forrester's original model consisting of four differential equations was expanded to about 1000. The book predicted that growth was limited by natural resources. It was controversial because of many unvalidated assumptions; however, more than 12 million copies were sold, boosted by the 1973 oil crisis. Its central contention though is currently of great topical importance with respect to global warming as well as other environmental and ecological matters. "

465. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"El progreso tecnológico en el modelo reducirá gradualmente la cantidad de recursos necesaria por unidad de producto industrial si todos los demás factores se mantienen constantes. Pero el modelo no permite que la industria fabrique bienes materiales a partir de la nada… Este modelo no se basa sólo en la tecnología o en el mercado; plantea que habrá interacciones graduales y efectivas entre ambos." (p. 244)

466. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Para muchos economistas, la tecnología es un único exponente en alguna variante de la función de producción de Cobb-Douglas: funciona automáticamente, sin desfases, sin coste, carente de límites y sólo produce resultados deseables. ¡No es de extrañar que los economistas estén tan extasiados con su potencial para resolver los problemas humanos!"

467. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Una entidad física que crece sólo se desacelerará y después se detendrá acomodándose suavemente a sus límites (crecimiento en forma de S) si recibe señales precisas y oportunas que le indiquen dónde se halla con respecto a sus límites, siempre y cuando responda con rapidez y precisión a tales señales (p. 260) … Si una sociedad obtiene sus señales de la mera disponibilidad de existencias más que de su tasa de reposición, sin duda se extralimitará (p. 286) … El problema se agrava si la base del recurso es erosionable y se destruye durante la extralimitación (p. 35)."

468. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"El resultado de la extralimitación y el colapso es un medio ambiente deteriorado para siempre y un nivel de vida material mucho más bajo del que habría sido posible si nunca hubiera sometido al medio ambiente a tensiones excesivas … A escala mundial, la extralimitación y el colapso podrían comportar la quiebra de los grandes ciclos de sostenimiento de la naturaleza que regulan el clima, purifican el aire, regeneran la biomasa, preserva la biodiversidad y convierten los residuos en nutrientes." (p. 270,275)

469. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"World3 contiene apenas unos pocos límites relacionados con las fuentes y sumideros del planeta. (El 'mundo real' comprende muchos más.) … En el 'mundo real' hay muchas otras clases de límites, incluidos los de gestión

empresarial y de tipo social. Algunos de ellos están implícitos en las cifras de World3, pues los coeficientes de nuestro modelo proceden de la historia 'real' de los últimos cien años." (p. 250-251)

470. U Thant (1969) – En: Donella H. Meadows et al (1972) – **The Limits to Growth. A Report for the Club of Rome's Project for the Predicament of Mankind** – Abstract established by Eduard Pestel – Purdue University – Massachussetts Institute of Technology – http://web.ics.purdue.edu/~wggray/Teaching/His300/Illustrations/Limits-to-Growth.pdf
"If such a global partnership Is not forged within the next decade, then I very much fear that the problems I have mentioned will have reached such staggering proportions that they will be beyond our capacity to control."

471. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"Pase lo que pase en el futuro, sabemos que las principales dimensiones de lo que ocurrirá se harán visibles en los próximos dos decenios. La economía mundial ya ha rebasado tanto los niveles sostenibles que la fantasía de un globo infinito tiene los días contados. Sabemos que el ajuste será una tarea ingente, que comportará una revolución tan profunda como la revolución agrícola o industrial."

472. Naomi Klein (2014) – **This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate** – Penguin Random House – ISBN 978-0-307-40199-1 – 566 Págs. – https://pdf.yt/d/Skb-ch_k7psDm90Q
"And though some of the book's projections have not held up over time – the authors underestimated, for instance, the capacity of profit incentives and innovative technologies to unlock new reserves of finite resources – Limits was right about the most important limit of all." (p. 196)

473. Lester R. Brown (2009) – **Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization** – W.W. Norton & Company New York – Págs. – http://www.earth-policy.org/index.php?/book_bytes/2009/pb4ch01_ss4
"In a 2002 study published by the U.S. National Academy of Sciences, a team of scientists concluded that humanity's collective demands first surpassed the earth's regenerative capacity around 1980. As of 2009 global demands on natural systems exceed their sustainable yield capacity by nearly 30 percent. This means we are meeting current demands in part by consuming the earth's natural assets, setting the stage for an eventual Ponzi-type collapse when these assets are depleted."

474. Mathis Wackernagel et al (2002) – **Tracking the ecological overshoot of the human economy** - Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 99:9266-9271 doi:10.1073/pnas.142033699 – Redefining Progress – 11 autores
"Sustainability requires living within the regenerative capacity of the biosphere. In an attempt to measure the extent to which humanity satisfies this requirement, we use existing data to translate human demand on the environment into the area required for the production of food and other goods, together with the absorption of wastes … According to this preliminary and exploratory assessment, humanity's load corresponded to 70% of the capacity of the global biosphere in 1961, and grew to 120% in 1999."

475. Zhu Guangyao (2012) – **China Ecological Footprint** – World Wide Fund – China Ecological Civilization Research and Promotion Association – http://awsassets.panda.org/downloads/china_ecological_footprint_report_2012_small.pdf
"Just as it is possible to withdraw money from a bank account more quickly than the interest that accrues, biocapacity can be reused more quickly than it regenerates. Eventually the resources – our natural capital, will be depleted just like running down reserves in a bank account."

476. Madhusree Mukerjee (2012) – **Apocalypse Soon: Has Civilization Passed the Environmental Point of No Return?** – Scientific American, 23/05/2012 – http://www.scientificamerican.com/article/apocalypse-soon-has-civilization-passed-the-environmental-point-of-no-return/
"Whereas in 1972 humans were using 85 percent of the regenerative capacity of the biosphere to support economic activities such as growing food, producing goods and assimilating pollutants, the figure is now at 150 percent—and growing."

477. Mattew R. Simmons (2000) – **Revisiting "The Limits of Growth": Could the Club of Rome have been correct, after all?** – Great Change, 01/11/2000 – http://www.simmonsco-intl.com/files/172.pdf
"The members of the 'Club or Rome' were also not a mysterious, sinister, anonymous group of doomsayers. Rather, they were a group of 30 thoughtful, public spirited-intellects from ten different countries. The group included scientists, economists, educators, and industrialists. They met at the instigation of Dr. Aurelia Peccei, an Italian industrialist affiliated with Fiat and Olivetti."

478. Graham M. Turner (2008) – **A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality** – Global Environmental Change 18:397- 411 doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001 – CSIRO Sustainable Ecosystems – http://graduateinstitute.ch/files/live/sites/iheid/files/sites/political_science/users/elena.gadjanova/public/Issues%20in%20Env%20Politics%202010/Turner%202008.pdf
"The analysis shows that 30 years of historical data compares favourably with key features of a 'business as usual' scenario, which result in collapse of the global system midway through the 21st Century."

479. P. van Vuuren and A. Fabe (2009) – **Growing within Limits. A Report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome** – Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL) – http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/500201001.pdf
"Since the publication of 'The Limits to Growth' for the Club of Rome in 1972, it has become increasingly clear that the current trends in the consumption of fossil fuel and other resources, use of land, and pressure on the Earth's capacity to deal with pollution lead to serious environmental risks … These studies also show that should historic trends continue in the coming decades, then the world will run into an increasing range of environmental and social tensions (Figure S.1)."

480. Graham M. Turner (2008) – **A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality** – Global Environmental Change 18:397- 411 doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.05.001 – CSIRO Sustainable Ecosystems – http://graduateinstitute.ch/files/live/sites/iheid/files/sites/political_science/users/elena.gadjanova/public/Issues%20in%20Env%20Politics%202010/Turner%202008.pdf

"The levels of pollution calculated in the LtG scenarios near mid-century are broadly in keeping with respective scenarios of the IPCC and associated environmental impacts, though the LtG pollution levels are 1–2 decades in advance of the respective IPCC scenarios. More recent research … would bring the potential future CO2 levels into close agreement with the relevant LtG scenarios" (560ppm and ''standard run'', and 460ppm and ''comprehensive technology'').

481. David J. Murphy and Charles A. S. Hall (2012) – **Energy return on investment, peak oil, and the end of economic growth** – Annals of the New York Academy of Sciences 1219:52–72 doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05940.x – College of Environmental Science and Forestry, State University of New York
"From this we conclude that the economic growth of the past 40 years is unlikely to continue in the long term unless there is some remarkable change in how we manage our economy."

482. Irene Scher and Jonathan G. Koomey (2011) **- Is accurate forecasting of economic systems possible?** – Climatic Change 104:473-479 doi:10.1007/s10584-010-9945-z – Yale University School of Forestry and Environmental Studies; Stanford University
"Believers in an unbreakable link between energy use and GDP assigned the immutability of physical law to this historical relationship (just like Garrett does) but found their belief shattered by events."

483. Danny Cullenward et al (2011) – **Psychohistory revisited: fundamental issues in forecasting climate futures** – Climatic Change 104:457-472 doi:10.1007/s10584-010-9995-2 – Emmett Interdisciplinary Program in Environment and Resources (E-IPER), Stanford University – 5 autores
"First, we suggest that there are compelling reasons to believe that the relationship between energy consumption and GDP is not primarily governed by thermodynamics…This view is supported by the fact that the global E/GDP ratio has been declining over the last 40 years."

484. Timothy J. Garrett (2009) – **Are there basic physical constraints on future anthropogenic emissions of carbon dioxide?** – Climatic Change 104:437-455 doi:10.1007/s10584-009-9717-9 – Department of Atmospheric Sciences, University of Utah – http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10584-009-9717-9
"Specifically, the human system grows through a self-perpetuating feedback loop in which the consumption rate of primary energy resources stays tied to the historical accumulation of global economic production … through a time-independent factor of 9.7 ± 0.3 mW per inflation-adjusted 1990 US dollar … Viewed from this perspective, civilization evolves in a spontaneous feedback loop maintained only by energy consumption and incorporation of environmental matter."

485. Lewis Mumford (1967) – **El mito de la máquina** – Pepitas de calabaza – ISBN-13: 978-8493767129 – 556 Págs.
"En el mito sumerio del diluvio, el rey Ziusudra (homólogo de Noé) es recompensado por los dioses An y Enlil, no con un arco iris simbólico, sino concediéndole 'vida eterna, como un dios'. El deseo de una vida ilimitada formaba parte de aquella general anulación de límites que había propiciado la concentración de poder por medio de la megamáquina. La debilidad humana y, por encima de todo, la debilidad que representa la mortalidad, se vio impugnada

y desafiada… esta afirmación del poder absoluto era una confesión de inmadurez psicológica.” (p. 335)

486. Julian L. Simon and Herman Kahn (Eds.) (1984) – The Resourceful Earth: A Response to Global 2000 – Blackwell Publishing – The Heartland Institute – ISBN-13: 978-0631134671 – 596 Págs.

487. Horace Herring and Steve Sorrell (Eds.) (2008) – Energy Efficiency and Sustainable Consumption: The Rebound Effect – Palgrave Macmillan – Open University, UK; Sussex Energy Group at SPRU, Sussex University – ISBN-13: 978-0230525344 – 272 Págs.

488. Samuel Alexander (2014) – **A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost** - Melbourne Sustainability Institute Working Paper – Post Carbon Pathways project – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/PostCarbonPathways_WP1_Alexander_Critique-of-Techno-Optimism_2014.pdf
“Direct rebounds are estimated to range generally in the vicinity of 10-30% (Sorrell, 2009: 33), meaning that typically 10-30% of the expected environmental benefits of efficiency gains are lost to increased consumption of the same resource. In some circumstances, direct rebounds can be 75% or higher (Chakravarty et al, 2013). Indirect rebounds are somewhat harder to measure, but are generally thought to be higher than direct rebounds, and estimates of macro-economic rebound range from 15%-350% (Dimitropoulos, 2007). The huge range here again points to differences in methodological assumptions.”

489. Frank Ackerman and Lisa Heinzerling (2004) – **Priceless: on knowing the price of everything and the value of nothing** – The New Press New York – Global Development and Environment Institute, Tufts University – ISBN 1-56584-850-0 – 277 Págs.
“Pareto optimality could also be viewed as the most that can be said about society’s preferences without doing anything as distateful as asking the masses … As one of them said: … The student who wrote these words was Benito Mussolini … In the first year after he seized power, Mussolini made his beloved professor Pareto an honorary member of the Italian Senate.”

490. Jay Hanson – **Economic Theory for Scientists and Engineers** – Die Off, 28/10/2011 – http://dieoff.org/#economic_theory_for_scientists_and_engineers
“When I use the term “market system,” it is not just the price mechanism but the entire system of regulation, qualification, credentials, reputations and clearing that surrounds that mechanism and makes it operate in a social context. When economists claim the market is “efficient,” they actually mean “the efficient distribution of benefits” — NOT “the efficient use of materials.” An “efficient” market is a “Pareto optimal” market:”

491. Mikael Höök (2014) **- Depletion rate analysis of fields and regions: A methodological foundation** – Fuel 121:95-108 doi:10.1016/j.fuel.2013.12.024 – Uppsala University, Global Energy Systems, Department of Earth Sciences
“Confusion seems to surround the depletion rate methodology even though it is a simple concept once properly understood. This paper has hopefully helped to bring clarity and consistency while also establishing a rigorous mathematical framework. … The data presented in this study displays what kind of depletion rates one can find in practice and may expect from the future. Claims that future production will behave radically different (i.e. significantly higher depletion rates or levels, low decline rates, etc.) carries the burden of proof.”

492. Richard A. Kerr (2011) – **Peak Oil Production May Already Be Here** – Science 331:1510-1511 doi:10.1126/science.331.6024.1510 – Editor in Chief "Perhaps the most sobering outcome of a non-OPEC plateau might be reminding everyone that even planet-scale resources have their limits. And that when you are consuming them at close to 1000 gallons a second, the limits can catch you unaware. The next 5 years, assuming oil prices remain on the high side, should show who the realists are. "

493. Mikael Höök et al (2009) – **Giant oil field decline rates and their influence on world oil production** – Energy Policy 37: 2262–2272 doi:10.1016/j.enpol.2009.02.020 – Uppsala University, Global Energy Systems, Department of Physics and Astronomy – http://www.postpeakliving.com/files/shared/Hook-GOF_decline_Article.pdf – 3 autores "The most important contributors to the world's total oil production are the giant oil fields. Using a comprehensive database of giant oil field production, the average decline rates of the world's giant oil fields are estimated … Our conclusion is that the world faces an increasing oil supply challenge, as the decline in existing production is not only high now but will be increasing in the future."

494. Chris Nelder and Gregor Macdonald – **There Will Be Oil, But At What Price?** – Harvard Business Review Blogs, 04/10/2011 – http://blogs.hbr.org/2011/10/there-will-be-oil-but-can-you/
"As Shell, Chevron, Total, the IEA, and a host of other serious observers have openly declared since 2005, the age of cheap and easy oil has ended. The "oil" that's left is progressively expensive, difficult, risky, marginal, and fraught with secondary effects like increasing carbon emissions, demand for water, and competition with food."

495. No dispongo de este informe de pago, pero fue mencionado en el congreso de Barbastro

496. Mikael Höök et al (2009) – **Giant oil field decline rates and their influence on world oil production** - Energy Policy 37: 2262–2272 doi:10.1016/j.enpol.2009.02.020 – Uppsala University, Global Energy Systems, Department of Physics and Astronomy – http://www.postpeakliving.com/files/shared/Hook-GOF_decline_Article.pdf – 3 autores
"A recent analysis by Cambridge Energy Research Associates estimated that the weighted decline of production from all existing world oil fields was roughly 4.5% in 2006 (CERA, 2007), which is in line with the 4–6% range estimated by ExxonMobil (2004). However, Andrew Gould, CEO of Schlumberger, stated that an accurate average decline rate is hard to estimate, but an overall figure of 8% is not an unreasonable assumption (Schlumberger, 2005)."

497. Wang Jianliang et al (2013) – **Chinese coal supply and future production outlooks** – Energy 60:204-214 doi:10.1016/j.energy.2013.07.031 – Uppsala University, Global Energy Systems, Department of Earth Sciences + China University of Petroleum (Beijing), School of Business Administration – http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:649510/FULLTEXT01.pdf – 4 autores
"In the end, it appears likely that Chinese coal production will reach a maximum before 2040, with expected peak year in 2024."

498. Andrew Grant and Paul Spedding (2014) – **Oil Sands: Fact Sheets** – The Carbon Tracker Initiative – Carbon Tracker Initiative; Energy Transition

Advisors – http://www.carbontracker.org/wp-content/uploads/2014/11/Oil-Sands-FactSheets-Designed.pdf
"The analysis still indicates that nine out of every ten barrels of potential oil sands production from discovery stage projects require over $95/bbl to provide a 15% IRR, a level we regard as necessary to reflect the risks associated with oil developments, (see accompanying note on methodology)."

499. David Hughes (2013) – **Drill Baby Drill: Can Unconventional Fuels Usher in a New Era of Energy Abundance?** – CreateSpace Independent Publishing Platform – ISBN-13: 978-1482555233 – 178 Págs

500. David Hughes (2014) – **Drilling Deeper: A Reality Check on U.S. Government Forecasts for a Lasting Tight Oil & Shale Gas Boom** – Post Carbon Institute, 27/10/2014 – https://www.scribd.com/document_downloads/244062986?extension=pdf&from=embed&source=embed
"This report finds that tight oil production from major plays will peak before 2020. Barring major new discoveries on the scale of the Bakken or Eagle Ford, production will be far below the EIA's forecast by 2040."

501. David Hughes (2013) – **A reality check on the shale revolution** – Nature 494:307–308 doi:10.1038/494307a – Post Carbon Institute
"Much of the oil and gas produced comes from relatively small sweet spots within the fields. Overall well quality will decline as sweet spots become saturated with wells, requiring an ever-increasing number of wells to sustain production. Production will ultimately be limited by available drilling locations, and when they run out, production will fall at rates of 30–50% per year. This is projected to occur within 5 years for the Bakken and Eagle Ford tight-oil plays."

502. Richard Heinberg and David Fridley (2010) – **The end of cheap coal** – Nature 468:367-369 doi:10.1038/468367a – Post-Carbon Institute
"We believe that it is unlikely that world energy supplies can continue to meet projected demand beyond 2020. Therefore, new limits on energy consumption will be essential in all sectors of society — including agriculture, transportation and manufacturing — and will be imposed by energy prices and shortages if they are not achieved through planning and policy."

503. Antonio Turiel – **El ocaso del petróleo: Edición de 2014** – The Oil Crash, 18/12/2014 – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/12/el-ocaso-del-petroleo-edicion-de-2014.html
"Dos son las razones por la que el escenario de 2014 es sensiblemente peor al escenario de 2012, a pesar de que en las gráficas anteriores el de 2014 parecía ligeramente mejor al de 2012. La primera es que en 2012 asumíamos una tasa de declive anual para los campos actualmente en producción del 5%; sin embargo, ahora sabemos que esta tasa es del 6% y con tendencia a seguir empeorando con el tiempo (las grandes compañías multinacionales reportan una tasa de declive medio del 8% anual para sus campos maduros). La otra razón es que en el WEO 2014 se le asigna una evolución muy extraña al petróleo de los campos aún por desarrollar, que explota con toda su intensidad hacia el final del período."

504. Óscar Carpintero (2007) **- Pautas de consumo, desmaterialización y nueva economía: entre la realidad y el deseo** - Centre de Cultura Contemporània de Barcelona – http://www.cccb.org/rcs_gene/carpintero.pdf
"En nuestro país, hemos pasado de requerir 2.307 m2/hab. en 1955 a exigir 3.078 m2/hab. en 1995, es decir, un crecimiento del 33%."

505. Graham Turner and Cathy Alexander – **Limits to Growth was right. New research shows we're nearing collapse** – The Guardian, 02/09/2014 – http://www.theguardian.com/commentisfree/2014/sep/02/limits-to-growth-was-right-new-research-shows-were-nearing-collapse

506. Mikael Höök et al (2009) – **The evolution of giant oil field production behaviour** – Natural Resources Research 18:39-56 doi:10.1007/s11053-009-9087-z – Global Energy Systems, Department of Physics and Astronomy, Uppsala University – 4 autores
"The giant oil fields of the world are only a small fraction of the total number of fields, but their importance is huge. Over 50% of the world's oil production came from giants by 2005 and more than half of the world's ultimate reserves are found in giants."

507. Jessica Lambert et al (2012) – **EROI of Global Energy Resources: Preliminary Status and Trends** – Robotics Caucus – State University of New York, College of Environmental Science and Forestry – http://www.roboticscaucus.org/ENERGYPOLICYCMTEMTGS/Nov2012AGENDA/documents/DFID_Report1_2012_11_04-2.pdf – 5 autores
"We believe that most published EROI values, including those we derive here, appear higher (i.e. more favorable) than they might be had better and/or more complete information been available at the time of publication. "

508. David Murphy (2010) – **New Perspectives on the Energy Return on (Energy) Investment (EROI) of Corn Ethanol: Part 2 of 2** – The Oil Drum – College of Environmental Science and Forestry, State University of New York – http://netenergy.theoildrum.com/pdf/theoildrum_6761.pdf
"Our results indicate that the EROI of corn ethanol is statistically inseparable from one energy unit returned per energy unit invested, and it is likely that much of our ethanol production is acting as an energy sink, requiring more energy for production than that contained in the ethanol product. This conclusion was confirmed in our spatial analysis, where the average EROIRG was 0.06 lower than the average calculated from the literature."

509. Carey W. King and Charles A.S. Hall (2011) – **Relating Financial and Energy Return on Investment** - Sustainability 3:1810-1832 doi:10.3390/su3101810 – Center for International Energy and Environmental Policy, Jackson School of Geosciences, The University of Texas at Austin; Programs in Environmental and Forest Biology, Environmental Science and Environmental Studies, State University of New York-College of Environmental Science and Forestry, Syracuse
"Our analyses show that EROI and the price of energy are inherently inversely related such that as EROI decreases for depleting fossil fuel production, the corresponding energy prices increase dramatically. Using energy and financial data for the oil and gas production sector, we demonstrate that the equations sufficiently describe the fundamental trends between profit, price, and EROI."

510. Jean Laherrère – **Comments on BP Statistical Review 2012** – The Oil Drum, 13/08/2014 – Exdirector de exploración de Total
"These should be reported separately, as it is done in Canada and as it was in BP's 2011 report and before; using different definitions for oil supply and oil consumption; using a different definition for oil reserves by including oilsands in the "total world" item, when it was not in previous years editions."

511. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg –

Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"A medida que se consumen los recursos, se supone que se deteriora la calidad de las reservas remanentes; además se supone que los yacimientos se descubren a mayor profundidad y se explotan cada vez más lejos de los lugares de uso. Esto significa que se precisará más capital y energía para extraer, refinar y transportar una tonelada de cobre o un barril de petróleo del subsuelo (p. 244)… A medida que los recursos no renovables resultan más difíciles de obtener … el capital se destina a producir más. Debido a ello, queda menos producto industrial para invertir en el mantenimiento de la elevada producción agrícola y del ulterior crecimiento industrial. Finalmente, alrededor de 2020, la inversión en capital industrial ya no contrarresta la amortización [física]. (p. 274,275)"

512. Carlos de Castro et al (2009) – **The role of non conventional oil in the attenuation of peak oil** – Energy Policy 37:1825–1833 doi:10.1016/j.enpol.2009.01.022 – Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid – 3 autores
"The results show that, even under some hypotheses that we consider optimistic, the attenuation of the peak oil decline requires more than 10% of sustained growth of non conventional oil production over at least the next two decades."

513. Joshua M. Pearce (2008) – **Thermodynamic limitations to nuclear energy deployment as a greenhouse gas mitigation technology** – International Journal on Nuclear Governance Economy and Ecology 2:113-130 doi:10.1504/IJNGEE.2008.017358 – Clarion University of Pennsylvania – http://me.queensu.ca/People/Pearce/files/as15.pdf
"To both replace fossil-fuel-energy use and meet the future energy demands, nuclear energy production would have to increase by 10.5% per year from 2010 to 2050. This large growth rate creates a cannibalistic effect, where nuclear energy must be used to supply the energy for future nuclear power plants … The results of this study demand modesty in claims of 'emission-free nuclear energy' as a panacea for global climate destabilization."

514. Marcel Coderch i Collel (2010) – **Are we Ready for a Second Nuclear Era?** – Advances in Energy Studies, 20/10/2010 – Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones, Gobierno de España – http://www.societalmetabolism.org/aes2010/Proceeds/DIGITAL%20PROCEEDINGS_files/PAPERS/Invited_Marcel_Coderch_Abstract.pdf
"In 1981, the Institute for Energy Analysis, a division of the Oak Ridge Associated Universities, obtained a grant from the Mellon Foundation to investigate technical approaches that might restore the confidence in nuclear power that had been shattered by the TMI accident … they suggest that the so called Nuclear Renaissance is unlikely to succeed, because most of the problems then identified are still waiting for real, not paper solutions, as Weinberg liked to say."

515. Refrigeració nuclears

516. Antonio Turiel – **World Energy Outlook 2014: ¿Peak everything?** – The Oil Crash, 21/11/2014 – Institut de Ciències del Mar, Consejo Superior de Investigaciones Científicas – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/11/world-energy-outlook-2014-peak.html
"Pero lo que resulta ya chocante hasta el extremo es el abierto reconocimiento de que con las minas de uranio existentes y con el uranio almacenado de décadas anteriores (reservas secundarias, en la jerga del sector), asumiendo además que todas las minas actualmente proyectadas se van a ejecutar a tiempo, va a faltar

uranio a partir de 2020 y hacia 2040 no se podrá cubrir todo la demanda sino algo menos del 60% (faltarían unas 45.000 toneladas de uranio natural equivalente sobre unas 105.000 que se demandarían). Esto es, ni más ni menos, que el pico del uranio. ”

517. David Fleming (2007) – **The Lean Guide to Nuclear Energy: A Life-Cycle in Trouble** – The Lean Economy Connection – http://www.theleaneconomyconnection.net/nuclear/Nuclear.pdf
“1. The world’s endowment of uranium ore is now so depleted that the nuclear industry will never, from its own resources, be able to generate the energy it needs to clear up its own backlog of waste … Shortages of uranium – and the lack of realistic alternatives – leading to interruptions in supply, can be expected to start in the middle years of the decade 2010-2019, and to deepen thereafter. ”

518. Michael Dittmar (2013) – **The end of cheap uranium** – Science of The Total Environment 461-462:792–798 doi:10.1016/j.scitotenv.2013.04.035 – Institute of Particle Physics, ETH Zurich
“Using this model for all larger existing and planned uranium mines up to 2030, a global uranium mining peak of at most 58 ± 4 ktons around the year 2015 is obtained. Thereafter we predict that uranium mine production will decline to at most 54 ± 5 ktons by 2025 and, with the decline steepening, to at most 41 ± 5 ktons around 2030. This amount will not be sufficient to fuel the existing and planned nuclear power plants during the next 10–20 years.”

519. M. Miller et al (2011) – **Jet stream wind power as a renewable energy resource: little power, big impacts** – Earth System Dynamics Discussions 2:435-465 doi:10.5194/esdd-2-435-2011 – Max Planck Institute for Biogeochemistry – 3 autores
“We conclude that jet stream wind power does not have the potential to become a significant source of renewable energy.”

520. Peter Viebahn et al (2014) **- Critical Resources and Material Flows during the Transformation of the German Energy Supply System** – Wuppertal Institute – http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/KRESSE_Endbericht_Summary.pdf – 10 autores
“In this connection, the availability of rare earth elements, such as indium, gallium, lanthanum and neodymium, and other raw materials that play a significant role, such as nickel and vanadium, is of particular interest.”

521. Carlos de Castro Carranza – **La tecnología y el tecno-optimismo ¿nos hace estúpidos?** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 15/12/2014 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2655
“A la vuelta de vacaciones leí un artículo de Jacobson sobre que podíamos obtener unos 72 TW eléctricos de los continentes y quizás otros 8 o 10 de zonas costeras. Eso suponía interactuar con unos 200 TW. Mi buena memoria para los números físicos acudió rauda: todos los vientos del mundo en toda la atmósfera disipan 1000 TW. Imposible captar y transformar 100 TW en electricidad con aparatitos de 100 metros de altura en una atmósfera de 10.000 m. Simple y directo.”

522. Carlos de Castro et al (2011) **- Global wind power potential: Physical and technological limits** – Energy Policy 39:6677-6682 doi:10.1016/j.enpol.2011.06.027 – Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid – 4 autores
“The results give roughly 1 TW for the top limit of the future electrical potential

of wind energy. This value is much lower than previous estimates and even lower than economic and realizable potentials published for the mid-century."

523. Carlos de Castro et al (2012) – **Global solar electric power potential: technical and ecological limits** – Renewable and Sustainable Energy Reviews 28:824-835 – Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2011/11/solar-energy-draft.pdf – 4 authors
"Although some uncertainties cannot be avoided, our estimations for the global potential of solar electrical power are 1,75-4,5 TWe, which implies a hard techno-ecological of solar power potential, much lesser than other assessments."

524. Carlos de Castro Carranza – **Sueños tecnológicos contra la pared de la realidad: el caso de la energía solar eléctrica** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 23/12/2013 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=1897
"Global solar electric potential: A review of their technical and sustainable limits. Nuestro primer intento de publicarla fue en Energy Policy (donde publicamos los límites del viento) pero topamos con revisores pro-fotovoltaica duros de convencer y uno de ellos incluso hizo trampas, cegado por su sueño de un mundo 100% renovable ya para el 2030. Tres años después el caso es que hemos publicado el trabajo en una revista de mayor impacto y prestigio, sencillamente porque tuvimos más suerte con los revisores."

525. Carlos de Castro et al (2014) – **A top-down approach to assess physical and ecological limits of biofuels** – Energy 64:506–512 doi:10.1016/j.energy.2013.10.049 – Department of Applied Physics, Campus Miguel Delibes, University of Valladolid – 5 autores
"We conclude that when the set of estimated parameters has been analysed, there exist reasonable doubts concerning the use of biofuels on a regional and global scale, so they should not, in principle, be promoted as a renewable energy source, nor is it desirable on such a scale."

526. Carlos de Castro Carranza – **Sesgos cognitivos y la fe en un mundo de energía renovable, transporte comunitario, agricultura ecológica y demás tecno-optimismos** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 19/10/2014 – Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2288
"Quizás prefiera seguir a la mayoría o a la autoridad de las decenas de autores que con su entusiasmo olvidaron el primer principio de la termodinámica."

527. Marta Victoria y Rodrigo Moretón (2014) – **Siete gráficos para ponerse al día en fotovoltaica** – La Marea, 22/12/2014 – Observatorio Crítico de la Energía; colaboradores del Círculo de Economía, Energía y Ecología de Podemos – http://www.lamarea.com/2014/12/22/siete-graficos-para-ponerse-al-dia-en-fotovoltaica/
"A la vista de los datos anteriores, no queda duda de que el futuro es fotovoltaico. Aunque a algunos esto les dé mucho miedo. Se puede afirmar con bastante seguridad que en la próxima década un porcentaje significativo de energía fotovoltaica cubrirá la demanda eléctrica en los países desarrollados. La tecnología ya está lista."

528. Pedro Prieto – **Fotovoltaica: pros y contras. Dos perspectivas desde el ecologismo** – Crisis Energética, 31/12/2014 – http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20141231193246174
"Es decir, lo que se desprende de este enfoque es que una civilización en un estadio con TRE de 3 a 6 podría vivir perfectamente en ese nivel de consumo energético, pero no dispondría de la complejidad técnica o tecnológica para

producir sistemas complejos como el fotovoltaico. Por el contrario, la sociedad que sí puede fabricarlos, necesita en su complejidad disponer de una fuente energética de una TRE que la fotovoltaica precisamente no le puede ofrecer, por mucha mejora tecnológica de la oblea o del módulo FV que se pueda dar. Esta es la paradoja que puede estar detrás de este frenazo en las instalaciones mundiales, mucho antes de que siquiera hayan alcanzado un estatus de reemplazo serio de las energías fósiles."

529. Ted Trainer (2012) – **Can Australia run on renewable energy? The negative case** – Energy Policy 50:306–314 doi:10.1016/j.enpol.2012.07.024 – Faculty of Arts, University of New South Wales
"The current discussion of climate change and energy problems is generally based on the assumption that technical solutions are possible and that the task is essentially to determine the most effective ways. This view relies heavily on the expectation that renewable energy sources can be substituted for fossil fuels. Australia is more favourably situated regarding renewable sources than almost any other country. This discussion attempts to estimate the investment cost that would be involved in deriving Australia's total energy supply from renewable sources. When provision is made for intermittency and plant redundancy it is concluded that the total investment cost is likely to be unaffordable."

530. Ted Trainer (2012) – **Can the world run on renewable energy? A revised negative case** – Humanomics 29:88-104 – Conjoint Lecturer, Social Sciences, University of New South Wales – http://parracan.net/images/stories/documents/tt_canw.pdf
"The current discussion of climate change and energy problems is generally based on the assumption that technical solutions are possible and that the task is essentially to determine the most effective ways. This view relies heavily on the expectation that renewable energy sources can be substituted for fossil fuels. This discussion improves on an earlier attempt to estimate the investment cost that would be involved in deriving total world energy supply from renewable sources. It is concluded that the investment cost would be unaffordable."

531. Ted Trainer (2013) – **100% Renewable supply? Comments on the reply by Jacobson and Delucchi to the critique by Trainer** – Energy Policy doi:10.1016/j.enpol.2012.10.007 – Social Sciences, University of New South Wales – http://socialsciences.arts.unsw.edu.au/tsw/JandDreplytoreply.htm
"I recently criticised the claim by Jacobson and Delucchi that renewable energy sources could meet world energy demand. Jacobson and Delucchi replied defending their position. This is a response to the main points made in that reply … It is argued that Jacobson and Delucchi do not provide satisfactory analyses of these issues and that they do not show that energy supply can be 100% renewable. This discussion is intended to clarify some of the core issues in the debate about the limits of renewable energy."

532. Lawrence M. Lidsky (1983) – The Trouble With Fusion – Technology Review – Massachusetts Institute of Technology – http://www.askmar.com/Robert%20Bussard/The%20Trouble%20With%20Fusion.pdf
"Long touted as an inexhaustible energy source for the next century, fusion as it is now being developed will almost certainly be too expensive and unreliable for commercial use."

533. Alicia Valero Delgado (2014) – Gaia versus Thanatia. El crepúsculo de los recursos de la Tierra – II Congreso Internacional – Más allá del pico del

petróleo: el futuro de la energía, Barbastro (Huesca), 10/10/2014 – Directora del Área de Ecología Industrial, Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos, Zaragoza – http://www.congresopicodepetroleo.unedbarbastro.es/ADJUNTO/presentacionesCongreso/2014/dia10/AliciaValeroPresentacion.pdf

534. Mihaljo Mesarovic and Eduard Pestel (1974) – Mankind at the Turning Point: The Second Report to The Club of Rome – New York: E.P. Dutton – ISBN-13: 978-0525039457 – 210 Págs. – http://www.clubofrome.org/?p=1168

535. Iñigo Capellán-Pérez et al (2012) - **World Limits Model (WoLiM) 1.0 – Model Documentation** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/07/WoLiM_1.0-Model-Documentation_July-2014.pdf – 4 authors
"This model is a E3 simulation system dynamic model that focus on energy resource constraints and its implications for human socioeconomic systems at world aggregated level. In this version, it aims to describe the relationship Economy-Energy-Environment focusing on biophysical limits and deployment potential of renewable and non-renewable energies, as well as on anthropogenic Climate Change."

536. Iñigo Capellán Pérez, Margarita Mediavilla, Carlos de Castro, Oscar Carpintero, Luis Javier Miguel (2014) – **Fossil fuel depletion and socio-economic scenarios: An integrated approach** – Energy doi:10.1016/j.energy.2014.09.063 – Low Carbon Programme, Instituto de Economía Pública, University of Basque Country – http://www.researchgate.net/profile/Inigo_Capellan-Perez/publication/267862897_Fossil_fuel_depletion_and_socio-economic_scenarios_An_integrated_approach/links/545b4f030cf2f1dbcbc7f9b4.pdf
"The results show that demand-driven evolution, as performed in the past, might be unfeasible: strong energy-supply scarcity is found in the next two decades, especially in the transportation sector before 2020. Electricity generation is unable to fulfill its demand in 2025-2040, and a large expansion of electric renewable energies move us close to their limits. In order to find achievable scenarios, we are obliged to set hypotheses which are hardly used in GEA scenarios, such as zero or negative economic growth."

537. Jorge L. Sarmiento, Corinne Le Quéré and Stephen W. Pacala (1995) - **Limiting future atmospheric carbon dioxide** – Global Biogeochemical Cycles 9:121-137 – Atmospheric and Oceanic Sciences Program, Princeton University; Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University – http://www.gfdl.noaa.gov/bibliography/related_files/jls9501.pdf – 3 autores
"We estimate anthropogenic carbon emission required to stabilize future atmospheric CO2 at various levels ranging from 350 ppm to 750 ppm … the uptake by these two sinks decreases substantially at higher atmospheric CO2 levels."

538. IPCC Working Group I (2013) – **5th Assessment Report The Physical Science Basis – Summary for Policymakers** - Intergovernmental Panel on Climate Change – http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf
"The RF of the total aerosol effect in the atmosphere, which includes cloud

adjustments due to aerosols, is –0.9 [–1.9 to −0.1] W m−2 (medium confidence), and results from a negative forcing from most aerosols and a positive contribution from black carbon absorption of solar radiation. There is high confidence that aerosols and their interactions with clouds have offset a substantial portion of global mean forcing from well-mixed greenhouse gases. They continue to contribute the largest uncertainty to the total RF estimate. {7.5, 8.3, 8.5}"

539. Iñigo Capellán-Pérez et al (2012) – **World Limits Model (WoLiM) 1.0 – Model Documentation** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/07/WoLiM_1.0-Model-Documentation_July-2014.pdf
"The reason for the simplification in this model version is the lack of consensus on the literature about the influence of energy scarcity on the future economic growth. Although some authors analyze this relationship (e.g. (Hirsch, 2008)), there is neither enough historical data at a global level to identify a tendency nor a well-developed and widely accepted theory on this topic."

540. Iñigo Capellán-Pérez et al (2014) – **Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 18/09/2014 – Low Carbon Programme. Instituto de Economía Pública, University of Basque Country – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?page_id=2216 – 5 autores
"Los resultados obtenidos con el modelo WoLiM muestran que el sistema socio-económico mundial no va a ser capaz de seguir ninguno de los escenarios que hemos propuesto (que imitan visiones de futuro habituales en las agencias internacionales) … Recalcamos de nuevo que la exclusión de algunos aspectos que no se han podido tener en cuenta en el modelo sólo puede empeorar los resultados (ver Apéndice A)."

541. **World Energy Outlook** – International Energy Agency, 12/11/2014
"El sistema energético mundial corre el peligro de no colmar las esperanzas y expectativas puestas en él."

542. Iñigo Capellán-Pérez et al (2014) – **Agotamiento de los combustibles fósiles y escenarios socio-económicos: un enfoque integrado** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – Low Carbon Programme, Instituto de Economía Pública, University of Basque Country – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?page_id=2216 – 5 autores
"Los resultados muestran que una transición energética dirigida por la demanda y el mercado, como las realizadas en el pasado, no parece posible: si las tendencias de demanda continúan se prevé una fuerte escasez antes de 2020, especialmente para el sector del transporte, mientras la generación de electricidad es incapaz de cubrir la demanda a partir de 2025-2050. Para poder encontrar escenarios que sean compatibles con las restricciones derivadas de los picos de los combustibles fósiles es preciso aplicar hipótesis que raramente son contempladas por las instituciones internacionales o los estudios de GEA como crecimientos económicos cero o negativos. "

543. Iñigo Capellán-Pérez et al (2012) – **World Limits Model (WoLiM) 1.0 – Model Documentation** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/07/WoLiM_1.0-Model-Documentation_July-2014.pdf – 4 autores

"The omission of restrictions and feedbacks when solving a system can only lead to optimistic results … However, since in all scenarios the peak of all fossil fuels occurs in the range of 15-20 years, the introduction of the competition would only tend to slightly delay the first "scarcity points" while hastening the last ones. In brief, for each scenario, the scarcity points for both fuels and sectors would tend to converge in time, thus, not affecting the main conclusions of the modeling exercise. However, from a societal point of view, the transition might be less challenging if the "scarcity points" are more spread in time."

544. Iñigo Capellán-Pérez et al (2012) – **World Limits Model (WoLiM) 1.0 – Model Documentation** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2014/07/WoLiM_1.0-Model-Documentation_July-2014.pdf – 4 autores
"Although in previous work the feedback energy-economy has been implemented (de Castro, 2009; de Castro et al., 2009), the reason for this simplification in this model version is the lack of consensus on the literature about the influence of energy scarcity on the economic growth."

545. Carlos de Castro Carranza (2009) – **Escenarios de energía-economía mundiales con modelos de dinámica de sistemas** – Tesis doctoral – Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática – Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2011/11/Tesis-Carlos-de-Castro.pdf

546. Dale et al (2012) – **Global energy modelling – A biophysical approach (GEMBA) Part 2: Methodology** – Ecological Economics 73:158–167 doi:10.1016/j.ecolecon.2011.10.028 – Advanced Energy and Material Systems (AEMS) Lab, Dept. of Mechanical Engineering, University of Canterbury, New Zealand – 3 autores
"The methodology proposes a new and important contribution to the field of biophysical economics; a lifetime evolving function for the dynamics of the energy return on investment (EROI) … The main finding of the model is that growth of the renewable energy sector may impact investment in other areas of the economy and thereby stymie economic growth."

547. Willem P. Nel and Christopher J. Cooper (2008) – **Implications of fossil fuel constraints on economic growth and global warming** – Energy Policy 37:166-180 doi:10.1016/j.enpol.2008.08.013 – Department of Geography, Environmental Management and Energy Studies, Institute for Energy Studies, University of Johannesburg – 2 autores
"Energy is commonly treated as a limitless exogenous input to economic planning with the result that energy demand is well defined, but disconnected from the physical and logistical realities of supply."

548. Peter Turchin (2010) – **Political instability may be a contributor in the coming decade** – Nature 364:608 doi:10.1038/463608a – Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut – http://cliodynamics.info/PDF/Nature2020letter.pdf
"Quantitative historical analysis reveals that complex human societies are affected by recurrent – and predictable – waves of political instability … Very long 'secular cycles' interact with shorter-term processes. In the United States, 50-year instability spikes occurred around 1870, 1920 and 1970, so another

could be due around 2020. We are also entering a dip in the so-called Kondratiev wave, which traces 40-60-year economic-growth cycles. This could mean that future recessions will be severe. In addition, the next decade will be severe."

549. Safa Motesharrei et al (2014) – **Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies** – Ecological Economics 101:90–102 doi:10.1016/j.ecolecon.2014.02.014 – School of Public Policy and Department of Mathematics, University of Maryland
"It is important to note that in both of these scenarios, the Elites – due to their wealth – do not suffer the detrimental effects of the environmental collapse until much later than the Commoners … In sum, the results of our experiments, discussed in Section 6, indicate that either one of the two features apparent in historical societal collapses – over-exploitation of natural resources and strong economic stratification – can independently result in a complete collapse. Given economic stratification, collapse is very difficult to avoid and requires major policy changes, including major reductions in inequality and population growth rates."

550. Safa Motesharrei et al (2014) – **Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies** – Ecological Economics 101:90–102 doi:10.1016/j.ecolecon.2014.02.014 – School of Public Policy and Department of Mathematics, University of Maryland + National Socio-Environmental Synthesis Center (SESYNC) – http://ac.els-cdn.com/S0921800914000615/1-s2.0-S0921800914000615-main.pdf
"While some members of society might raise the alarm that the system is moving towards an impending collapse and therefore advocate structural changes to society in order to avoid it, Elites and their supporters, who opposed making these changes, could point to the long sustainable trajectory 'so far' in support of doing nothing."

551. Peter Turchin (2010) – **Political instability may be a contributor in the coming decade** – Nature 364:608 doi:10.1038/463608a – Department of Ecology and Evolutionary Biology, University of Connecticut – http://cliodynamics.info/PDF/Nature2020letter.pdf
"Quantitative historical analysis reveals that complex human societies are affected by recurrent – and predictable – waves of political instability … Very long 'secular cycles' interact with shorter-term processes. In the United States, 50-year instability spikes occurred around 1870, 1920 and 1970, so another could be due around 2020. We are also entering a dip in the so-called Kondratiev wave, which traces 40-60-year economic-growth cycles. This could mean that future recessions will be severe. In addition, the next decade will be severe."

552. Elinor Ostrom (1990) – **Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action** (Political Economy of Institutions and Decisions) – Cambridge University Press – Distinguished Professor and Arthur F. Bentley Professor of Political Science and Co-Director of the Workshop in Political Theory and Policy Analysis, Indiana University + Research Professor and the Founding Director of the Center for the Study of Institutional Diversity, Arizona State University – ISBN-13: 978-0521405997 – 298 Págs.

553. Garrett Hardin (1968) – **The Tragedy of the Commons** – Science 162:1243-1248 doi:10.1126/science.162.3859.1243 – Professor Emeritus of Human Ecology in the Department of Biological Sciences at the University of California, Santa Barbara – http://www.cs.wright.edu/~swang/cs409/Hardin.pdf
"Analysis of the pollution problem as a function of population density uncovers a not generally recognized principle of morality, namely: the morality of an act is a function of the state of the system at the time it is performed."

554. Joseph A. Tainter (1988) – **The Collapse of Complex Societies** – Cambridge University Press – Rocky Mountain Research Station, United States Department of Agriculture Forest Service – ISBN: 0-521-34092 6 – 262 Págs.
"Entropy poses an ultimate limit: someday in the unimaginably distant future, all processes requiring energy will have ceased. But even on a scale of decades and centuries, human enterprises and institutions face obstacles to sustainability. Diminishing returns are a familiar phenomenon … Tainter, an archaeologist, finds that diminishing returns on aggregate investments in the many facets of social complexity— from agricultural production and mineral extraction to public administration and scientific research—may help explain why civilizations collapse, and may pose the gravest threat to the sustainability of cherished institutions."

555. Joseph A. Tainter (2011) – **Energy, complexity, and sustainability: A historical perspective** – Environmental Innovation and Societal Transitions 1:89–95 doi:10.1016/j.eist.2010.12.001 – Department of Environment and Society, Utah State University
"Problems are inevitable, requiring increasing complexity, and conservation is therefore insufficient to produce sustainability. Future sustainability will require continued high levels of energy consumption to address converging problems."

556. Joseph A. Tainter (2004) – **Problem Solving: Complexity, History, Sustainability** – Population & Environment 22:3-41 doi:10.1023/A:1006632214612 – Rocky Mountain Research Station, United States Department of Agriculture Forest Service – http://www.fraw.org.uk/files/economics/tainter_2000.pdf
"Sustainability or collapse follow from the success or failure of problem-solving institutions … Historical case studies illustrate different outcomes to long-term development of complexity in problem solving. These cases clarify future options for contemporary societies: collapse, simplification, or increasing complexity based on increasing energy subsidies."

557. Joseph A. Tainter (2010) – **The Energy−Complexity Spiral – Advances in Energy Studies 2010** – Department of Environment and Society, Utah State University – http://www.societalmetabolism.org/aes2010/Proceeds/DIGITAL%20PROCEEDINGS_files/PAPERS/Invited_Joe_Tainter_Presentation.pdf
"Conclusions: 1. To assume that we can voluntarily consume less energy is to assume that the future will present no challenges. 2. Most likely, future challenges will require greater complexity in problem solving and more energy. 3. We will learn this century whether non-fossil-fuel energies can provide sufficient energy to solve societal problems, and flexibility to increase energy rapidly when needed. 4. Because of the connection of energy to problem solving, we will not stop using fossil fuels until we are forced to. "

558. Ugo Bardi – **Tainter's law: where is the physics?** – Cassandra's legacy, 27/03/2011 – http://cassandralegacy.blogspot.it/2011/03/tainters-law-where-is-

physics.html
"The idea of decreasing returns to complexity looks consistent and reasonable. But, why do societies behave in this way? Tainter does not provide a real explanation; on this point, he seems to follow the tradition of historians to describe rather than interpret. But, if you happen to have a more physics-oriented point of view, then describing what happens is not enough. You want to know what are the inner mechanisms that make civilisations evolve towards higher complexity. What is the physics of collapse? "

559. David Korowicz (2010) – **Tipping Point: Near-Term Systemic Implications of a Peak in Global Oil Production An Outline Review** – The Oil Drum, 15/03/2010 – Feasta & The Risk/Resilience Network – http://www.theoildrum.com/files/Tipping%20Point.pdf
"It will no doubt be a difficult time, and horrific for some. We are likely to see a major increase in mortality. But it will also be a time when many people will find a liberation in new social and personal roles; in the new friends and connections they make; in the skills and pastimes acquired; in their ability to contribute to other's welfare; in their freedom from the subtle corrosion of positional consumption; and in the pleasures gained from contributing to the most crucial of shared endeavours. "

560. Garrett Hardin (1998) – **Extensions of "The Tragedy of the Commons"** – Science 280:682-683 doi:10.1126/science.280.5364.682 – Professor Emeritus of Human Ecology in the Department of Biological Sciences at the University of California, Santa Barbara – http://www.garretthardinsociety.org/articles/art_extension_tragedy_commons.html
"Either socialism or the privatism of free enterprise. Either one may work, either one may fail: 'The devil is in the details.' But with an unmanaged commons, you can forget about the devil: As overuse of resources reduces carrying capacity, ruin is inevitable."

561. Mikael Höök (2014) – **Depletion of conventional hydrocarbons: recent perspectives on oil, gas and coal** – II Congreso Internacional – Más allá del pico del petróleo: el futuro de la energía, Barbastro (Huesca), 09/10/2014 – Associate Professor of the Uppsala University, Sweden , Secretary of ASPO International – http://www.congresopicodepetroleo.unedbarbastro.es/ADJUNTO/presentacionesCongreso/2014/dia9/MikaelHookPresentacion.pdf

562. Collin J. Campbell (2012) – **Recognition of peak oil** – Wiley Interdisciplinary Reviews: Energy and Environment 1:114–117 doi:10.1002/wene.7
"The evidence suggests that the peak of regular conventional oil was passed in 2005 and that the peak of all categories followed in 2008, while the peak of gas is not expected until 2020 (Figure 2). The resources of tar sands and other nonconventional categories are huge but the extraction is slow and costly, delivering a low, if not negative, net energy yield … In other words, we come to the end of the first half of the age of oil. It was a remarkable chapter in history that saw the rapid expansion of industry, transport, trade, and agriculture, allowing the population to expand sixfold in parallel … A failure to adapt means fewer people. "

563. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs. – "Pero ahora estamos llegando al tope

de producción posible … la bomba de relojería contra nuestra actual sociedad devoradora de energía se ha puesto en marcha" (p. 116)

564. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs.
"En definitiva, muchas y diferentes teorías con argumentos bastante sólidos, especialmente los optimistas, que creen en las tecnologías del futuro."

565. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs.
"El crecimiento mundial se ha multiplicado por catorce desde 1970, mientras que el consumo petrolífero o energético en el mismo número de años sólo se ha multiplicado por algo menos de dos."

566. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs.
"En el debate energético, el cambio climático es un tema tan trascendente para la Tierra y sus habitantes que, si alguien pretende politizarlo, ensuciarlo o manejarlo hacia sus intereses partidistas o electorales, es obligación de la sociedad sacar a la luz pública datos, números e información, así como poner sin miramientos en el banquillo de los acusados a quienes sólo aportan malestar, gritos, bronca y provocaciones de todo tipo. Es el momento de las soluciones y no de las buenas intenciones … El enigma – problema o situación – del cambio climático es un tema para tomarse muy en serio en clave de presente y todavía más de futuro … Quizá debamos hablar de impuestos ecológicos que sustituyan buena parte de los impuestos sobre las ventas, las personas o las sociedades." (p. 208,261)

567. Juan Rosell Lastortras (2007) – **¿Y después del petróleo qué?** – Deusto – ISBN: 978-84-234-2588-4 – 414 Págs.
"Una solución intermedia, probablemente la más racional aunque seguro que no es la mejor, pues la mejor sería una solución extrema acertada, podría ser asegurar el riesgo, es decir, poner mecanismos que neutralizaran los puntos de peligro más evidentes o más probabilísticos."

568. Peter Vajk (1976) – **The impact of space colonization on world dynamics** – Technological Forecasting and Social Change 9:361–399 doi:10.1016/0040-1625(76)90019-6 – Science Applications, Inc.
"The Forrester world dynamics model (as extended to a two-sector model by D. R. Tuerpe) has been used to investigate the impact of space colonization on the predicament of mankind in general and on the plight of the underdeveloped nations in particular."

569. Sjell Aleklett – **IMF and resource scarcity** – Aleklett's Energy Mix, 28/01/2013 – http://aleklett.wordpress.com/2013/01/28/imf-and-resource-scarcity/
"During the past week the future of the world economy has been discussed in Davos, Switzerland. Below, I think it is appropriate to quote Christine Lagarde, the Managing Director of the International Monetary Fund (IMF). In her speech of 23 January she presented the following viewpoint: … increasing vulnerability from resource scarcity and climate change, with the potential for major social and economic disruption. This is the real wild card in the pack."

570. Klaus Schwab – **Global Risks 2011 Sixth Edition An initiative of the Risk Response Network** – World Economic Forum – http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalRisks_Report_2011.pdf
"At the World Economic Forum Annual Meeting 2011 in Davos-Klosters, the

Forum will go beyond its current global risk work in launching the Risk Response Network (RRN). The RRN will build on the understanding embodied in Global Risks 2011, Sixth Edition to provide a platform for our Partners and constituents to collaborate in multistakeholder efforts to shape a more secure, innovative and resilient future."

571. Jørgen Randers (2012) – **2052: A Global Forecast for the Next Forty Years** – The Club of Rome – Professor of Climate Strategy, BI Norwegian Business School; Sustainability Council, The Dow Chemical Company – ISBN-13: 978-1603584210 – 416 Págs. – http://www.2052.info/
"In the current globalized world of money and trade, it is more likely that the decline will take the form of reduced purchasing power, not increased mortality … so what overshoots and collapses is 'well-being', not population or GDP." (p. 305)

572. Jørgen Randers (2012) – **2052: A Global Forecast for the Next Forty Years** – Chelsea Green Publishing – Professor of Climate Strategy, BI Norwegian Business School; Sustainability Council, The Dow Chemical Company – ISBN-13: 978-1603584210 – 416 Págs. – http://www.2052.info/
"My forecast does say that global warming may trigger self-reinforcing climate change in the second half of the twenty-firts century, which would certainly qualify as a collpse. " (p. 301)

573. Jorgen Randers (2012) – **Systematic short-termism: Climate, capitalism and democracy** – Climate Code Red – http://www.climatecodered.org/2012/11/systematic-short-termism-climate.html
"I am a climate pessimist. I believe (regrettably) that humanity will not meet the climate challenge with sufficient strength to save our grandchildren from living in a climate-damaged world. Humanity (regrettably) will not make what sacrifice is necessary today in order to ensure a better life for our ancestors forty years hence. The reason is that we are narrowly focused on maximum well-being in the short term."

574. Kees Jan van Groenigen et al (2014) – **Faster Decomposition Under Increased Atmospheric CO2 Limits Soil Carbon Storage** – Science 344:508-509 doi:10.1126/science.1249534 – Center for Ecosystem Science and Society, Northern Arizona University + Department of Botany, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin – 5 autores
"Earth system models project that rising atmospheric CO2 will promote carbon uptake by the terrestrial biosphere (plants). The resulting increase in carbon stocks in plant biomass and soil organic matter would slow the rise in atmospheric CO2 concentrations."

575. Ying Sun et al (2014) – **Impact of mesophyll diffusion on estimated global land CO2 fertilization** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS doi:10.1073/pnas.1418075111 – Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin – 6 autores
"In C3 plants, CO2 concentrations drop considerably along mesophyll diffusion pathways from substomatal cavities to chloroplasts where CO2 assimilation occurs."

576. Dolores García (2009) – **A new world model including energy and climate change data** – En: First International Workshop Mission Earth, Modeling and Simulation for a Sustainable Future, 26/01/2009 – Independent researcher based in Brighton, UK – http://europe.theoildrum.com/node/5145
"In the "business as usual" scenario the pattern was one of collapse of human

population, food production and industrial output, in a way similar to what happens in the World3 business as usual scenario. The decline is gradual, starting somewhere around 2030 … A remarkable result of the model in the business as usual scenario is that carbon emissions don't go very high, peaking at 510ppm."

577. Gail Tverberg (2013) – **Why I Don't Believe Randers' Limits to Growth Forecast to 2052** – Our Finite World, 25/09/2013 – http://ourfiniteworld.com/2013/09/25/why-i-dont-believe-randers-limits-to-growth-forecast-to-2052/
"A strong case can be made that a shortage of one energy product will have cascading effects throughout the economy, which is closer to what the original Limits to Growth model assumed. We often talk about Liebig's Law of the Minimum being a problem. This law says that if a particular process is missing some essential ingredient, it won't happen. Thus, if delivery trucks don't have oil, the effects will cascade throughout the system, causing what will look like a major recession."

578. Peter Turchin and Sergey A. Nefedov (2009) – **Secular Cycles** – Princeton University Press – ISBN-13: 978-0691136967 – 362 Págs.
""Our models, and the demographic-structural theory in particular, have matured to the point where they can be used to make quantitative and testable predictions."

579. Zygmunt Bauman (2006) – **Miedo líquido** – Paidós – ISBN: 978 84 493 1984 6 – 231 Págs.
"Los mercados, es bien sabido, actúan en un sentido muy distinto al de las intenciones del Estado social: el mercado prospera cuando se dan condiciones de inseguridad; saca buen provecho de los temores humanos y de la sensación de desamparo."

580. Marion King Hubbert (1956) – **Nuclear Energy and the Fossil Fuels** – American Petroleum Institute – General Geology

581. Ugo Bardi and Alessandro Lavacchi (2012) – **A Simple Interpretation of Hubbert's Model of Resource Exploitation** – Energies 2:646-661 doi:10.3390/en20300646 – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – http://www.mdpi.com/1996-1073/2/3/646/
"Despite its widespread use, Hubbert's model is sometimes criticized for being arbitrary and its underlying assumptions are rarely examined … We show that this model can reproduce several historical cases, even for resources other than crude oil, and provide a useful tool for understanding the general mechanisms of resource exploitation and the future of energy production in the world's economy."

582. Ugo Bardi and Leigh Yaxley (2005) – **How general is the Hubbert curve? The case of fisheries** – Association for the study of Peak Oil and Gas (ASPO) + Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; Society of Petroleum Engineers – https://www.researchgate.net/profile/Leigh_Yaxley/publication/228515234_How_general_is_the_Hubbert_curve_The_case_of_fisheries/links/0046351b732a372079000000?origin=publication_detail
"The Hubbert model of crude oil production can describe several regional cases, but it is not yet generally accepted as being of validi for all cases, especially for the worldwide case of oil extraction. The present paper shows that the model is

of general validity to describe cases in which a resource is depleted faster than it can be replaced, as in the case of biological resources. In some cases, historical fishery data appear to be relevant for understanding the present price trends of crude oil."

583. Ugo Bardi (2005) – **The mineral economy: a model for the shape of oil production curves** – Energy Policy 33:53-61 doi:10.1016/S0301-4215(03)00197-6 – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze – authors
"Considering worldwide oil production, the simulations indicate that the after-peak downward slope might turn out to be considerably more steep than the upward slope, something that could have unpleasant effects on the economy."

584. Ugo Bardi (2014) – **Mind Sized World Models** – Sustainability 5:896-911 doi:10.3390/su5030896 – Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Firenze
"It is this asymmetry leading to a rapid collapse after a slow growth, that prompted the author to name the model after the Roman philosopher Lucius Annaeus Seneca who, in his – Letter to Lucilius, stated that – increases are of sluggish growth, but the way to ruin is rapid. "

585. Cartas a Lucilio

586. John Michael Greer – **Dark Age America: The End of the Old Order** – The Archidruid Report – http://thearchdruidreport.blogspot.it/2014/09/dark-age-america-end-of-old-order.html
"The process that drives the collapse of civilizations has a surprisingly simple basis: the mismatch between the maintenance costs of capital and the resources that are available to meet those costs. Capital here is meant in the broadest sense of the word, and includes everything in which a civilization invests its wealth: buildings, roads, imperial expansion, urban infrastructure, information resources, trained personnel, or what have you."

587. **Liebig's law of the minimum** – Wikipedia, 31/07/2014 – http://en.wikipedia.org/wiki/Liebig's_law_of_the_minimum
"Liebig's law of the minimum, often simply called Liebig's law or the law of the minimum, is a principle developed in agricultural science by Carl Sprengel (1828) and later popularized byJustus von Liebig. It states that growth is controlled not by the total amount of resources available, but by the scarcest resource (limiting factor)."

588. Marten Scheffer et al (2001) – **Catastrophic shifts in ecosystems** – Nature 413:91-596 doi:10.1038/35098000 – Department of Aquatic Ecology and Water Quality Management, Wageningen University – http://bio.classes.ucsc.edu/bioe107/Scheffer 2001 Nature.pdf – 5 authors
"Studies show that a loss of resilience usually paves the way for a switch to an alternative state. This suggests that strategies for sustainable management of such ecosystems should focus on maintaining resilience … Ecosystem state shifts can cause large losses of ecological and economic resources, and restoring a desired state may require drastic and expensive intervention (ref). Thus, neglect of the possibility of shifts to alternative stable states in ecosystems may have heavy costs to society. Because of hysteresis in their response and the invisibility of resilience itself, these systems typically lack early-warning signals of massive change. Therefore attention tends to focus on precipitating events rather than on the underlying loss of resilience."

589. Sergey V. Buldyrev et al (2010) – **Catastrophic cascade of failures in interdependent networks** – Nature 464:1025-1028 doi:10.1038/nature08932 –

Department of Physics, Yeshiva University – http://polymer.bu.edu/hes/articles/bppsh10.pdf – 5 authors
"Surprisingly, a broader degree distribution increases the vulnerability of interdependent networks to random failure, which is opposite to how a single network behaves. Our findings highlight the need to consider interdependent network properties in designing robust networks."

590. Gail Tverberg (2014) – **Limits to Growth–At our doorstep, but not recognized** – Our Finite World, 06/02/2014 – http://ourfiniteworld.com/2014/02/06/limits-to-growth-at-our-doorstep-but-not-recognized/
"I have noticed comments in the literature indicating that the Limits to Growth study has been superseded by more recent analyses. For example, the article Entropy and Economics by Avery, when talking about the Limits to Growth study says, 'Today, the more accurate Hubbert Peak model is used instead to predict rate of use of a scarce resource as a function of time.' There is no reason to believe that the Hubbert Peak model is more accurate! The original study used actual resource flows to predict when we might expect a problem with investment capital. Hubbert Peak models overlook financial limits, such as lack of debt availability, so overstate likely future oil flows. Because of this, they are not appropriate for forecasts after the world peak is hit."

591. Jørgen Randers (2012) – **2052: A Global Forecast for the Next Forty Years** – Chelsea Green Publishing – Professor of Climate Strategy, BI Norwegian Business School; Sustainability Council, The Dow Chemical Company – ISBN-13: 978-1603584210 – 416 Págs. – http://www.2052.info/
"This is best done by identifying and removing unsustainabilities one at a time. " (p. 308)

592. Asociación Touda – **Dennis Meadows: «No hay nada que podamos hacer»** – Asociación Touda, 30/04/2013 – http://www.asociacion-touda.org/2013/04/30/dennis-meadows-no-hay-nada-que-podamos-hacer/
"Nuestro sistema económico y financiero no es sólo una actividad. Es una herramienta que hemos desarrollado que refleja nuestros objetivos y valores … Cualquier persona que se endeuda está diciendo: no me importa lo que suceda… Los valores dominantes implican que el resultado seguirá igual. Estos valores se reflejan en el cambio climático de manera gigantesca. Pero ¿a quién le importa?"

593. Carlos de Castro Carranza – **¿Lograremos evitar el colapso ecológico-social?** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 21/09/2014 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2224
"La respuesta simple y directa a la pregunta es No. Y una razón es porque todo sistema que crece exponencialmente se enfrenta antes o después con algún tipo de límite natural (sea una reacción nuclear en cadena, el crecimiento de población bacteriana en una placa petri o el uso de energía, producción industrial, uso de agua o población humana)."

594. Anthony D. Barnosky et al (2012) – **Approaching a state shift in Earth's biosphere** – Nature 486:52–58 doi:10.1038/nature11018 – Department of Integrative Biology, University of California – http://web.stanford.edu/group/hadlylab/_pdfs/Barnoskyetal2012.pdf – 22 authors
"Comparison of the present extent of planetary change with that characterizing past global-scale state shifts, and the enormous global forcings we continue to

exert, suggests that another global-scale state shift is highly plausible within decades to centuries, if it has not already been initiated."
595. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
"El colapso llegará de forma muy repentina, sorprendiendo a todos."
596. Andrew Nikiforuk – **A Big Summer Story You Missed: Soaring Oil Debt** – The Tyee, 29/08/2014 – http://thetyee.ca/Opinion/2014/08/29/Soaring-Oil-Debt-Summer/
"Last July the government agency, which has collected mundane statistics on energy matters for decades, quietly revealed that 127 of the world's largest oil and gas companies are running out of cash … Overburdened by debt, these firms are selling assets."
597. **As cash flow flattens, major energy companies increase debt, sell assets** - US Energy Information Administration, 29/07/2014 – http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=17311
"Based on data compiled from quarterly reports, for the year ending March 31, 2014, cash from operations for 127 major oil and natural gas companies totaled $568 billion, and major uses of cash totaled $677 billion, a difference of almost $110 billion … The gap between cash from operations and major uses of cash has widened in recent years from a low of $18 billion in 2010 to $100 billion to $120 billion during the past three years."
598. Asjylyn Loder – **Shale Drillers Feast on Junk Debt to Stay on Treadmill** – Bloomberg, 30/04/2014 – http://www.bloomberg.com/news/2014-04-30/shale-drillers-feast-on-junk-debt-to-say-on-treadmill.html
"The spending never stops, said Virendra Chauhan, an oil analyst with Energy Aspects in London. Since output from shale wells drops sharply in the first year, producers have to keep drilling more and more wells to maintain production. That means selling off assets and borrowing more money. "The whole boom in shale is really a treadmill of capital spending and debt," Chauhan said."
599. James Stafford – **The Real Cause Of Low Oil Prices: Interview With Arthur Berman** – Oil Price, 04/01/2015 – Editor – http://oilprice.com/Interviews/The-Real-Cause-Of-Low-Oil-Prices-Interview-With-Arthur-Berman.html
"Continental Resources is the biggest player in the Bakken. Their free cash flow—cash from operating activities minus capital expenditures—was -$1.1 billion in the third- quarter of 2014. That means that they spent more than $1 billion more than they made. Their debt was 120% of equity. That means that if they sold everything they own, they couldn't pay off all their debt. That was at $93 oil prices. And they say that they will be fine at $60 oil prices? Are you kidding?"
600. World Energy Outlook 2013 – International Energy Agency, 12/11/2013 - http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2013/LondonNovember12.pdf
"Fossil-fuel subsidies increased to $544 billion in 2012."
601. Richard B. Lee (1969) – **!Kung bushmen subsistence: an input–output analysis** – En: A. Vayda (Ed.), Environment and Cultural Behavior; Ecological Studies in Cultural Anthropology, Published for American Museum of Natural History [by] Natural History Press, Garden City, N.Y. (1969), pp. 47–79

602. Charles A. S. Hall et al (2009) – **What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?** – Energies 2:25-47 doi:10.3390/en20100025 – Program in Environmental Science, State University of New York – College of Environmental Science and Forestry, Syracuse – http://www.howtoboilafrog.com/docs/eroi.pdf – 3 authors
"Any fuel with an EROI less than the mean for society (about 10 to one) may in fact be subsidized by the general petroleum economy. For instance, fuels such as corn-based ethanol that have marginally positive EROIs (1.3: 1) will be subsidized by a factor of about two times more than the energy value of the fuel itself by the agricultural, transportation and infrastructure support undertaken by the main economy, which is two thirds based on oil and gas. These may be more important points than the exact math for the fuel itself, although all are important."

603. Jessica G. Lambert et al (2014) – **Energy, EROI and quality of life** – Energy Policy 64:153–167 doi:10.1016/j.enpol.2013.07.001 – Next Generation Energy Initiative, Inc. – 5 autores
"Our results suggest that energy indices are highly correlated with a higher standard of living. We also find a saturation point at which increases in per capita energy availability (greater than 150 GJ) or EROI (above 20:1) are not associated with further improvement to society."

604. Pedro Prieto – **Fotovoltaica: pros y contras. Dos perspectivas desde el ecologismo** – Crisis Energética, 31/12/2014 – http://www.crisisenergetica.org/article.php?story=20141231193246174
"Efectivamente, todos los fabricantes ofrecen 25 años de garantía de potencia con un cierto decaimiento que cifran adecuadamente en un 20% en los 25 años considerados o garantizados. Bien. Esa es la garantía de potencia. Pero también se firma en los contratos una garantía de material. Esta garantía la ofrecen algunos fabricantes como máximo en 10 años. Ahora la mayoría lo ha recortado a 5 años."

605. Carlos de Castro Carranza – **Una crítica al concepto de la TRE (Tasa de Retorno Energético)** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 02/01/2012 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=373
"Cuando Charles Hall (uno de los creadores del concepto) dice que la TRE del petróleo ha bajado de 100 a 10 en el último siglo, en realidad nunca ha sido 100. Al comienzo de la explotación del petróleo, sólo una pequeña parte de su contenido energético se aprovechaba como tal y los procesos de refinado eran poco eficientes, con lo que la energía útil que terminaba en la sociedad era muy inferior a lo que se consigue ahora. En la actualidad mis cálculos gruesos arrojan que la TRE del petróleo es de alrededor de 3 o 4."

606. Carlos de Castro Carranza – **Una crítica al concepto de la TRE (Tasa de Retorno Energético)** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 02/01/2012 -http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=373
"El quiz está precisamente en otra ventaja de las energías no renovables, pues son capaces de sostener (mientras duren) una sociedad tecnológica con TREs tan bajas como se quiera siempre que superen el valor 1. La razón con un ejemplo … En cualquier caso se desmonta la idea de que necesitemos TREs grandes desde el punto de vista físico."

607. Al Gore – **The Turning Point: New Hope for the Climate** – The New York Times, 18/06/2014 – http://www.rollingstone.com/politics/news/the-turning-point-new-hope-for-the-climate-20140618

"What's more, Germany's two largest coal-burning utilities have lost 56 percent of their value over the past four years, and the losses have continued into the first half of 2014. And it's not just Germany. Last year, the top 20 utilities throughout Europe reported losing half of their value since 2008. According to the Swiss bank UBS, nine out of 10 European coal and gas plants are now losing money."

608. **¿Por qué los Rockefeller abandonan el negocio petrolero?** – BBC Mundo, 23/09/2014 – http://www.bbc.co.uk/mundo/noticias/2014/09/140922_rockefeller_cambio_energia_limpia_jgc.shtml
"Los herederos de la familia Rockefeller, que lograron su vasta fortuna con el petróleo, venderán sus inversiones en combustibles fósiles para reinvertirlas en energía limpia … El Fondo se une con esta iniciativa a una coalición de filántropos comprometidos con desprenderse de más de US$50.000 millones en activos de combustibles fósiles."

609. Jeremy Grantham (2011) – **Time to Wake Up: Days of Abundant Resources and Falling Prices Are Over Forever** - Climate Progress, 02/05/2011 – Chief Investment Strategist, GMO Capital + Grantham Foundation for the Protection of the Environment http://thinkprogress.org/climate/2011/05/02/207994/grantham-must-read-time-to-wake-up-days-of-abundant-resources-and-falling-prices-are-over-forever/
"Statistically, most commodities are now so far away from their former downward trend that it makes it very probable that the old trend has changed – that there is in fact a Paradigm Shift – perhaps the most important economic event since the Industrial Revolution."

610. Rob Wile (2014) – **Is Fracking Safe?** – Business Insider, 06/02/2014 – http://www.businessinsider.com/grantham-against-shale-2014-2
"Jeremy Grantham, whose GMO LLC investment firm manages $117 billion in assets, says the Great American Shale Boom is a dangerous waste of time and money. Grantham, who started his career as an economist at Shell, recently contemplated attending an anti-Keystone Pipeline demonstration in front of the White House. "

611. Jeremy Grantham (2012) – **Be persuasive. Be brave. Be arrested (if necessary)** – Nature 491:303 doi:10.1038/491303a – Co-founder and chief investment strategist at GMO, and co-chair of the Grantham Foundation for the Protection of the Environment – http://www.nature.com/news/be-persuasive-be-brave-be-arrested-if-necessary-1.11796
"It is crucial that scientists take more career risks and sound a more realistic, more desperate, note on the global-warming problem. Younger scientists are obsessed by thoughts of tenure, so it is probably up to older, senior and retired scientists to do the heavy lifting. Be arrested if necessary. This is not only the crisis of your lives — it is also the crisis of our species' existence. I implore you to be brave."

612. Chris Giles – **Geneva Report warns record debt and slow growth point to crisis** – Financial Times, 28/09/2014 – http://www.ft.com/intl/cms/s/0/4df99d28-4590-11e4-ab10-00144feabdc0.html
"The warning, before the International Monetary Fund's annual meeting in Washington next week, comes amid growing concern that a weakening global recovery is coinciding with the possibility that the US Federal Reserve will begin to raise interest rates within a year."

613. Isabel M. Gaspar – **Las petroleras sufren una 'fuga' de 24.000 millones en tres semanas** – El Economista, 18/11/2014 – http://www.eleconomista.es/interstitial/volver/213525982/mercados-cotizaciones/noticias/6252197/11/14/Las-petroleras-sufren-una-fuga-de-24000-millones-en-tres-semanas-.html
"Una situación que está poniendo contra las cuerdas las previsiones de beneficio de las petroleras para el año que viene, ya que en apenas tres semanas el recorte de las treinta grandes del sector se ha incrementado ya en unos 24.200 millones de dólares."
614. Margarita Mediavilla et al (2012) – **La transición hacia energías renovables: límites físicos y temporales** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas – Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/wp-content/uploads/2012/02/modelo_marco_es5_alblog.pdf – 6 autores
"Debido a esto, los patrones de consumo, producción y crecimiento económico de las décadas anteriores no van a poder mantenerse y, si … podemos encontrarnos con recesiones económicas continuadas."
615. Juan Laborda – **Colapso mundial inminente** – Radio Gramsci, 23/09/2014 – http://www.ivoox.com/colapso-mundial-inminente-audios-mp3_rf_3522256_1.html
"Hoy hablamos con Juan Laborda, uno de los mejores economistas españoles, quien nos anticipa que en el periodo de 6 meses se puede producir un colapso de la economía mundial de consecuencias mucho peores a las que estamos viviendo desde que estallara la crisis financiera en 2008. Nos cuenta por qué no hay recuperación ni se la espera."
616. **Medvédev: "Se están desmantelando los sistemas financieros y comerciales del mundo"** – RT en español, 19/09/2014 – http://actualidad.rt.com/economia/view/140737-medvedev-desmantelamiento-sistemas-financieros-comercio-foro
"Una cosa está clara en este momento: el desmantelamiento de la estabilidad de los sistemas financieros y comerciales mundiales … aseguró Medvédev en el marco de una reunión plenaria del Foro Internacional de Inversiones."
617. David Korowicz (2012) – **Trade-Off Financial System Supply-Chain Cross-Contagion: a study in global systemic collapse** – Metis Risk Consulting / The Foundation for the Economics of Sustainability – http://www.feasta.org/wp-content/uploads/2012/06/Trade-Off1.pdf
"This study considers the relationship between a global systemic banking, monetary and solvency crisis and its implications for the real-time flow of goods and services in the globalised economy. It outlines how contagion in the financial system could set off semi-autonomous contagion in supply chains globally, even where buyers and sellers are linked by solvency, sound money and bank intermediation … These crucial issues have not been recognised by policy-makers nor are they reflected in economic thinking or modelling."
618. Laura N. Vandenberg et al (2014) – **Hormones and endocrine-disrupting chemicals: low-dose effects and non-monotonic dose responses** – Endocrine Reviews 33:378–455 doi:10.1210/er.2011-1050 – Center for Regenerative and Developmental Biology and Department of Biology (L.N.V.), Tufts University – http://insideclimatenews.org/sites/default/files/assets/2012-03/Endocrine Reviews article.pdf – 12 autores
"We illustrate that non-monotonic response sand low-dose effects are

remarkably common in studies of natural hormones and EDCs. Whether low doses of EDCs influence certain human disorders is no longer conjecture, because epidemiological studies show that environmental exposures to EDCs are associated with human diseases and disabilities."

619. Stephen D. Williamson (2013) **- Scarce Collateral, the Term Premium, and Quantitative Easing** – Washington University in St. Louis, Federal Reserve Banks of Richmond – http://www.artsci.wustl.edu/~swilliam/papers/qe2.pdf
"Purchases of long-maturity government debt by the central bank are always a good idea, but for unconventional reasons."

620. Rolf U. Halden (2014) – **Epistemology of contaminants of emerging concern and literature meta-analysis** – Journal of Hazardous Materials doi:10.1016/j.jhazmat.2014.08.074 – Center for Environmental Security, The Biodesign Institute, Security and Defense Systems Initiative, Arizona State University + Department of Environmental Health Sciences, Bloomberg School of Public Health, Johns Hopkins University
"CECs emerge from obscurity to height of concern over a period of 14.1 ± 3.6 years. It typically takes 14.5 ± 4.5 years for a CEC to descend from the peak of concern to a new, lower baseline level. "

621. Paul R. Ehrlich and Anne H. Ehrlich (2013) – **Can a collapse of global civilization be avoided?** – Proceedings of the Royal society B: Biological Sciences doi: 10.1098/rspb.2012.2845 – Department of Biology, Stanford University
"Another possible threat to the continuation of civilization is global toxification … Should a global threat materialize, however, no planned mitigating responses (analogous to the ecologically and politically risky 'geoengineering' projects often proposed to ameliorate climate disruption [80]) are waiting in the wings ready for deployment."

622. Tyler Durden (2014) – **If The Oil Plunge Continues, "Now May Be A Time To Panic" For US Shale Companies** – Zero Hedge, 14/10/2014 – http://www.zerohedge.com/news/2014-10-14/if-oil-plunge-continues-now-may-be-time-panic-us-shale-companies
"Over the past 5 years, the shale industry, fabricated or real reserves notwithstanding, has been a significant boon to the US economy for four main reasons: it has been the target of billions in fixed investment and CapEx spending, it has resulted in tens of thousands of high-paying jobs, its output has been a major tailwind for the US trade deficit, and has generally been a significant contributor to GDP (not to mention various Buffett-controlled or otherwise railway corporations)."

623. Brad Plumer – **How falling oil prices are squeezing Russia, Iran, and Saudi Arabia** – Vox, 14/10/2014 – http://www.vox.com/2014/10/14/6975977/which-countries-suffer-most-when-oil-prices-plummet
"Now the plunge in global oil prices is putting even further strain on the nation's economy. Oil revenues account for roughly 45 percent of Russia's budget, and the government's spending plans for 2015 had assumed that prices would stay in the $100-per-barrel range. If oil continues to sink below that, the country will either have to draw down from its $74 billion foreign-exchange reserves or cut back on planned spending — something that Russian President Vladimir Putin

suggested was possible on Tuesday. The economic impact could be deeper still: … ”

624. Ugo Bardi – **Peak oil is here: the view from Barbastro** – Resource Crisis, 12/10/2014 – http://cassandralegacy.blogspot.com.es/2014/10/peak-oil-is-here-view-from-barbastro.html

"Antonio Turiel, Kjell Aleklett, David Hughes, Gail Tverberg, Michael Hook, Pedro Prieto. From what they said, it is clear that the future it is not any more a question of arguing about resources and reserves, lining up barrels of oil as if they were pieces to be played on a giant chessboard. It is not any more a question of plotting curves and extrapolating data. No: it is more a question of money. We are not running out of oil, we are running out of the financial resources needed to extract it."

625. **OPEC fiscal breakeven oil price increases 7 % in 2013** – Crude Oil Peak ,14/08/2014 -http://crudeoilpeak.info/opec-fiscal-breakeven-oil-price-increases-7-in-2013

"Using recent research from the Arab Petroleum Investment Corporation (APIC) it can be calculated that OPEC's fiscal break-even oil prices have increased by around 7% pa in 2013 while OPEC's population grows by 10 million every year. The fiscal break-even oil price is the average oil price which is needed for an oil exporting country to balance its budget in a particular year. It is an important metric for a country's fiscal vulnerability to oil. If the break-even price is higher than the market price budgets cannot be balanced."

626. Gail Tverberg – Oil Price Slide – **No Good Way Out** – Our Finite World, 05/11/2014 – http://ourfiniteworld.com/2014/11/05/oil-price-slide-no-good-way-out/

"We have been hearing for so long that the problem of "peak oil" will be inadequate supply and high prices that we cannot adjust our thinking to the real situation. In fact, the two major problems of oil limits are likely to be shrinking debt and shrinking wages. The reason that oil supply will drop is likely to be because customers cannot afford to pay for it; they don't have jobs that pay well and they can't get loans."

627. James Stafford – **The Real Cause Of Low Oil Prices: Interview With Arthur Berman** - Oil Price, 04/01/2015 – Editor – http://oilprice.com/Interviews/The-Real-Cause-Of-Low-Oil-Prices-Interview-With-Arthur-Berman.html

"The current situation with oil price is really very simple. Demand is down because of a high price for too long. Supply is up because of U.S. shale oil and the return of Libya's production."

628. Dimitri Orlov – **The Sixth Stage of Collapse** – Club Orlov, 22/10/2013 – http://cluborlov.blogspot.com.au/2013/10/the-sixth-stage-of-collapse.html

"Note that no disaster or accident is required in order for this scenario to unfold, just more business as usual. "

629. Graham M. Turner (2012) – **On the cusp of global collapse? Updated comparison of The Limits to Growth with historical data** – GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society 21:116-124 doi: – CSIRO Ecosystem Sciences – http://www.gaia-online.net/

"This suggests, from a rational risk-based perspective, that planning for a collapsing global system could be even more important than trying to avoid collapse."

630. Graham M. Turner (2014) – **Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data** – Melbourne Sustainable Society Institute Research Papers nº 4 – Melbourne Sustainable Society Institute, University of Melbourne – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/MSSI-ResearchPaper-4_Turner_2014.pdf
"Regrettably, the alignment of data trends with the LLDC dynamics indicates that the early stages of collapse could occur within a decade, or might even be underway. This suggests, from a rational risk-based perspective, that we have squandered the past decades, and that preparing for a collapsing global system could be even more important than trying to avoid collapse. "

631. Charles A.S. Hall and Pedro A. Prieto (2011) – **How Much Energy Does Spain's Solar PV Program Deliver** – 3rd Biophysical Economics Conference, 16/04/2011 – http://www.wire1002.ch/fileadmin/user_upload/Documents/Reports/110403_How_much_net_energy_does_the_Spain_s_Solar_PV_program_deliver.pdf
"EROI (Conventional) = 8.3:1; EROI (with additional direct costs) = 2.7:1; EROI assuming many technical improvements = 3.5:1; EROI with financial costs +labor included = <2:1"

632. Pedro A. Prieto and Charles A.S. Hall (2013) – **Spain's Photovoltaic Revolution: The Energy Return on Investment** – Springer – Telecom Technical Engineer; Professor of Environmental Science, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry – ISBN: 978-1-4419-9436-3 – 128 Págs.

633. **Oil Sands: Fact sheets – Ninety percent of future oil sands projects at risk from eroding oil price** – Carbon Tracker, 16/11/2014 – http://www.neweconomics.org/page/m/2edb50d0/7ebe2ca3/6e1bee18/5d2b290/4008400972/VEsEDQ/
"Investors in Canadian oil sands are at a heightened risk of wasting $271 billion of funding on projects in the next decade that need high oil prices of more than $95 a barrel to be profitable, the Carbon Tracker Initiative (CTI) revealed today, flagging faltering oil prices."

634. Julio César Centeno – **2014, probablemente el año más caliente desde que hay registros** – Tratar de, 02/01/2015 – Rebelión – http://tratarde.org/2014-probablemente-el-ano-mas-caliente-desde-que-hay-registros-una-sintesis-de-julio-cesar-centeno/
"Por ahora se registra un aumento de temperatura en la superficie del planeta es de 0.9°C, más un desbalance energético planetario de 330 tera-joules por segundo: el planeta continúa absorbiendo más energía de la que emite a un ritmo alarmante. Esto implica un aumento adicional e inevitable de 0.6°C para restituir el equilibrio energético global."

635. Tamino – **Is Earth's temperature about to soar?** – Open Mind, 09/12/2014 – http://tamino.wordpress.com/2014/12/09/is-earths-temperature-about-to-soar/
"Let me state the issue I intend to address: whether or not there has even been any verifiable change in the rate of temperature increase — and remember, we're not talking about the up-and-down fluctuations which happen all the time, and are due to natural factors (they're also well worth studying), we're talking about the trend. If there's no recent change in the trend, then there certainly isn't a "pause" or "hiatus" in global warming. I'll also apply a different technique

than used in Rahmstorf's post … Bottom line: not only is there a lack of valid evidence of a slowdown, it's not even close … I repeat: not only is there a lack of valid evidence of a slowdown, it's nowhere near even remotely being close. And that goes for each and every one of the 8 data sets tested."

636. Paul J. Durack et al (2014) – **Quantifying underestimates of long-term upper-ocean warming** – Nature Climate Change doi:10.1038/nclimate2389 – Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison, Lawrence Livermore National Laboratory – 4 authors
"These adjustments yield large increases (2.2–7.1 × 1022 J 35 yr−1) to current global upper-ocean heat content change estimates, and have important implications for sea level, the planetary energy budget and climate sensitivity assessments."

637. Science News – **Warmest oceans ever recorded** – Sceince Daily, 14/11/2014 – University of Hawaii - SOEST – http://www.sciencedaily.com/releases/2014/11/141114090009.htm
"This summer has seen the highest global mean sea surface temperatures ever recorded. Temperatures even exceed those of the record-breaking 1998 El Niño year."

638. John Cook – **Levitus et al. Find Global Warming Continues to Heat the Oceans** – Skeptical Science, 25/02/2012 – http://www.skepticalscience.com/levitus-2012-global-warming-heating-oceans.html
"This heating amounts to 136 trillion Joules per second (Watts), which as Glenn Tramblyn noted in a previous post, is the equivalent of more than two Hiroshima "Little Boy" atomic bomb detonations per second, every second over a 55-year period. And Levitus et al. note that this immense ocean heating has not slowed in recent years – more of it has simply gone into the deeper ocean layers."

639. John Cook and Dana Nuticcelli – 4 Hiroshima bombs worth of heat per second – Skeptical Science, 01/07/2013 – http://www.skepticalscience.com/4-Hiroshima-bombs-worth-of-heat-per-second.html
"As this figure shows, there has been no significant slowing in global heat accumulation, contrary to the mythical 'global warming pause' … That's nearly 2 billion atomic bomb detonations worth of heat accumulating in the Earth's climate system since 1998, when we're told global warming supposedly 'paused'. That has to be the worst pause ever."

640. Mikael Höök et al (2010) – **Validity of the fossil fuel production outlooks in the IPCC Emission Scenarios** – Natural Resources Research 19:63-81 doi:10.1007/s11053-010-9113-1 – Department of Physics and Astronomy, Global Energy Systems, Uppsala University – http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:301406/FULLTEXT01.pdf – 3 authors
"The current set, SRES, is biased toward exaggerated resource availability and unrealistic expectations on future production outputs from fossil fuels."

641. Mikael Höök and Xu Tang (2012) – **Depletion of fossil fuels and anthropogenic climate change—A review** – Energy Policy doi:10.1016/j.enpol.2012.10.046 – Uppsala University, Global Energy Systems, Department of Earth Sciences; School of Business Administration, China University of Petroleum
"It is concluded that the current set of emission scenarios used by the IPCC and others is perforated by optimistic expectations on future fossil fuel production that are improbable or even unrealistic."

642. Gail Tverberg – **Oil Limits and Climate Change – How They Fit Together** – Our Finite World, 11/04/2014 – http://ourfiniteworld.com/2014/04/11/oil-limits-and-climate-change-how-they-fit-together/
"One of the big issues is that energy supplies seem to be leaving us, indirectly through economic changes that we have little control over. The IPCC report is written from the opposite viewpoint: we humans are in charge and need to decide to leave energy supplies. The view is that the economy, despite our energy problems, will return to robust growth. With this robust growth, our big problem will be climate change because of the huge amount of carbon emissions coming from fossil fuel burning. Unfortunately, the real situation is that the laws of physics, rather than humans, are in charge."

643. Graham M. Turner (2014) – **Is Global Collapse Imminent? An Updated Comparison of The Limits to Growth with Historical Data** – Melbourne Sustainable Society Institute Research Papers nº 4 – Melbourne Sustainable Society Institute, University of Melbourne – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/MSSI-ResearchPaper-4_Turner_2014.pdf
"Somewhat ironically, the apparent corroboration here of the LTG BAU implies that the scientific and public attention given to climate change, whilst tremendously important in its own right, may have deleteriously distracted from the issue of resource constraints, particularly that of oil supply. Indeed, if global collapse occurs as in this LTG scenario then pollution impacts will naturally be resolved— though not in any ideal sense! "

644. Carlos de Castro Carranza – **Expertos asustados y realimentaciones** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 28/09/2014 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2234
"Los modelos de dinámica de sistemas que hemos trabajado en el Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas de la Uva … si al problema energético se le añaden realimentaciones con el caos climático, incluso siendo muy optimistas con una transición renovable rápida y sin tener en cuenta otros problemas y sobrepasamientos, los modelos tienden a dar resultados de colapso."

645. Carlos de Castro Carranza – **Encrucijada climática** – Grupo de Energía y Dinámica de Sistemas, 03/11/2014 – http://www.eis.uva.es/energiasostenible/?p=2343
"Entonces la inercia nos llevará primero a abandonar las ciudades y regresar al campo, a cultivar y sobrevivir donde está la riqueza real: la tierra. Y si el colapso es duro, usaremos la biomasa como combustible para casi todo; y entonces la deforestación que hoy se da sobre todo en zonas tropicales la veremos de nuevo en el resto del mundo, y seguiremos, hasta que baje la población, viendo como las emisiones por el cambio del uso de la tierra siguen aumentando y como la desertización y la pérdida de especies vivas siguen aumentando. O al menos, habrá que combatir también esas previsibles tendencias."

646. Jared Diamond (2005) **- Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive – Viking Penguin** – ISBN-13: 978-0-140-27951-1 – 576 Págs.
"The process through which past societies have undermined themselves by damaging their environments fall into eight categories, whose relative importance differs from case to case: deforestation and habitat destruction; soil problems (erosion, salinization and soil fertility loses); water management problems; over-hunting; over-fishing; effects of introduced effects on native

species; human population growth and increased per capita impact on people. Those past collapses tended to follow somewhat similar courses … The environmental problems facing us today include the same eight that undermined past societies, plus four new ones: human-caused climate change; build-up of toxic chemicals in the environment; energy shortages; and full human utilization of the Earth's photosynthetic capacity."

647. Ian Joughin et al (2014) – **Marine Ice Sheet Collapse Potentially Underway for the Thwaites Glacier Basin, West Antarctica** – Science 344:735-738 doi:10.1126/science.1249055 – Polar Science Center, Applied Physics Lab, University of Washington – 3 autores
"Except possibly for the lowest-melt scenario, the simulations indicate early-stage collapse has begun. Less certain is the timescale, with onset of rapid (> 1 mm per year of sea-level rise) collapse for the different simulations within the range of two to nine centuries."

648. Beata M. Csatho et al (2014) – **Laser altimetry reveals complex pattern of Greenland Ice Sheet dynamics** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS doi:10.1073/pnas.1411680112 – Department of Geology, University at Buffalo – http://www.pnas.org/content/early/2014/12/12/1411680112.full.pdf+html – 10 autores
"The large spatial and temporal variations of dynamic mass loss and widespread intermittent thinning indicate the complexity of ice sheet response to climate forcing, strongly enforcing the need for continued monitoring at high spatial resolution and for improving numerical ice sheet models."

649. Eric Rignot – **Global warming: it's a point of no return in West Antarctica. What happens next?** – The Guardian, 17/05/2014 – NASA's Jet Propulsion Laboratory – http://www.theguardian.com/commentisfree/2014/may/17/climate-change-antarctica-glaciers-melting-global-warming-nasa
"We announced that we had collected enough observations to conclude that the retreat of ice in the Amundsen sea sector of West Antarctica was unstoppable, with major consequences – it will mean that sea levels will rise one metre worldwide. What's more, its disappearance will likely trigger the collapse of the rest of the West Antarctic ice sheet, which comes with a sea level rise of between three and five metres. Such an event will displace millions of people worldwide."

650. S. Famiglietti (2014) – **The global groundwater crisis** – Nature Climate Change 4:945–948 doi:10.1038/nclimate2425 – NASA Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology + Department of Earth System Science, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California
"Groundwater depletion the world over poses a far greater threat to global water security than is currently acknowledged."

651. Florence Noiville (2009) – **Soy economista y os pido disculpas** – Libros PAPF – ISBN: 978-84-234-2843-4 – 94 Págs.
"'No es culpa mía, es el sistema' … ¿Cómo pueden decir que no tienen el control? … ¿No es angustioso ver este formidable potencial de inteligencias y de medios tan impotente ante la forma en que evoluciona el curso de las cosas?"

652. Angel Gurría – **The climate challenge: Achieving zero emissions** – OECD, 09/10/2013 – OECD Secretary-General –

http://www.oecd.org/about/secretary-general/The-climate-challenge-achieving-zero-emissions.htm
"We are in a collision course with nature."
653. James Hansen – **Assuring Real Progress on Climate** – Columbia University, 23/12/2014 – http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2014/20141223_AssuringRealProgress.pdf
"Quantitative data aid assessment. Figure 1 updates graphs of our paper (Assessing "Dangerous Climate Change"). Global fossil fuel emissions have increased ~3% per year this century."
654. Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi (2014) – **The Systems View of Life: A Unifying Vision** – Cambridge University Press – Center for Ecoliteracy, Berkeley – ISBN-13: 978-1107011366 – 978 Págs.
"Critical theorists do not want simply to explain the world. Their ultima task, according to Habermas, is to uncover the structural conditions of people's actions and to help the trascend these conditions. Critical theory deals with power and is aimed at emancipation." (p. 300)
655. Humberto R. Maturana and Francisco J. Varela (1980) – **Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living** – D. Reidel Publishing Company – ISBN-13: 978-9027710161 – 171 Págs.
656. Mike C. Jackson (2006) Mike C. Jackson (2006) – **Critical systems thinking: beyond the fragments** – System Dynamics Review 10:159-174 – Professor of Management Systems + Centre for Systems Studies + School of Management, University of Hull
"As part of their studies on autopoiesis, for example, Maturana and Varela (1980) have concluded that cognition is an organizationally closed system and that therefore we must give up any claim to have direct access to the phenomena around us. Objectivity is therefore "bracketed" and attention turns to the observing system. "
657. Werner Ulrich (1998) – **Systems Thinking as if People Mattered: Critical Systems Thinking for Citizens and Managers** – Working Paper No. 23, Lincoln School of Managment, University of Lincolnshire & Humberside – University of Fribourg, Switzerland, and The Open University, United Kingdom – http://www.oocities.org/csh_home/downloads/ulrich_1998c.pdf
"Critical systems thinking has a potential of giving citizens a new sense of competence, and that this new."
658. Mike C. Jackson (2006) – **Critical systems thinking: beyond the fragments** – System Dynamics Review 10:159-174 – Professor of Management Systems + Centre for Systems Studies + School of Management, University of Hull
"During the 1980s it was not exactly that things went backward-important work continued in each of the specialities, and emancipatory systems thinking established itself as a strand in its own right … In these circumstances it is perhaps not so surprising, but nevertheless very fortunate, that another strand of systems thinking, developed in the 1980s, took it as its main task to consider the strengths and weaknesses of the various systems approaches available and to think through the relations between different systems methodologies."
659. Mike C. Jackson (2006) – **Critical systems thinking: beyond the fragments** - System Dynamics Review 10:159-174 – Professor of Management Systems + Centre for Systems Studies + School of Management, University of

Hull
"Emancipatory systems thinking was born in the 1980s of the recognition by systems thinkers that participants in social situations can sometimes be seen as in a coercive relationship to one another, so that the only consensus that can be achieved is through the exercise of power and domination (overt or more or less concealed) by one or more groups of participants over others."

660. Werner Ulrich (2003) – **A Brief Introduction to Critical Systems Thinking for Professionals & Citizens** – Werner Ulrich – The Open University, Milton Keynes, UK – http://www.wulrich.com/cst_brief.html
"The challenge is to develop the didactic means that will allow us to explain to citizens the meaning and importance of systematic boundary critique, and to train them in identifying and using boundary judgments for the purpose of critical reflection, debate, and argumentation."

661. Werner Ulrich (2000) – **Reflective Practice in the Civil Society: The Contribution of Critically Systemic Thinking** – Reflective Practice 1:247-268 – Visiting Professor of Critical Systems Thinking, Lincoln School of Management, University of Lincolnshire & Humberside – http://www.wulrich.com/downloads/ulrich_2000a.pdf
"In a civil society, the ultimate source of legitimacy lies with the citizen; hence a reflective professional practice that is grounded in an adequate concept of civil society should give citizens a meaningful, and competent, role to play. Reflective practice, then, depends on competent citizenship."

662. Werner Ulrich (2003) – **Pragmatizing Critical Systems Thinking for Professionals and Citizens** – Werner Ulrich, 16/08/2004 – The Open University, Milton Keynes, UK – http://www.wulrich.com/downloads/ulrich_2003a.pdf
"I believe that CST has a potential to give new meaning to the concept of citizenship, by enabling all of us to become more competent citizens. My question is, how can we harvest this potential? I propose that the way in which we seek to answer this question might constitute an important test for the methodological viability and validity of critical systems thinking. "

663. Alexander Laszlo and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
"The meta-methodology serves as the basis for the generation of a new methodology that critically applies various systems approaches to problem solving. In doing so, critical systems thinking pursues five areas of commitment: 1) critical awareness, 2) social awareness, 3) complementarism at the methodology level, 4) complementarism at the theory level, and 5) human emancipation. "

664. Peter M. Senge (1990) – **The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization** – Doubleday Currency – Center for Organizational Learning at MIT's Sloan School of Management – ISBN 0-385-26095-4 – 412 Págs. – http://www.4grantwriters.com/Peter_Senge_The_Fifth_Discipline_1_1_.pdf
"In general, balancing loops are more difficult to see than reinforcing loops because it often looks like nothing is happening."

665. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology – ISBN: 8481096016 – 514 Págs.
“Si los objetivos implícitos de una sociedad consisten en explotar la naturaleza, enriquecer a las élites y hacer caso omiso de las perspectivas a largo plazo, entonces esa sociedad desarrollará tecnologías y mercados que destruyen el medio ambiente, ensanchan la distancia entre pobres y ricos y optimizan las ganancias a corto plazo. En pocas palabras, esa sociedad desarrollará tecnologías y mercados que aceleran el colapso en lugar de prevenirlo.” (p. 355)
666. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
“Until the “implicit system goal” causing systemic change resistance is found and resolved, change efforts to solve the proper coupling part of the sustainability problem are, as Senge argues, ‘doomed to failure.’.”
667. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
“Therefore opposition to solving common good problems with high certainty (a component of high Symptoms Understanding) cannot be based on the truth, because solving these problems is desirable to society as a whole. Therefore selfish special interests must depend on deception.”
668. Robert J. Brulle (2014) **- Institutionalizing delay: foundation funding and the creation of U.S. climate change counter-movement organizations** – Climatic Change 122:681-694 doi:10.1007/s10584-013-1018-7 – Drexel University – http://www.drexel.edu/~/media/Files/now/pdfs/Institutionalizing Delay – Climatic Change.ashx
“This results in a data sample that contains financial information for the time period 2003 to 2010 on the annual income of 91 CCCM organizations funded by 140 different foundations. An examination of these data shows that these 91 CCCM organizations have an annual income of just over $900 million, with an annual average of $64 million in identifiable foundation support. The overwhelming majority of the philanthropic support comes from conservative foundations. Additionally, there is evidence of a trend toward concealing the sources of CCCM funding through the use of donor directed philanthropies.”
669. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
“The model shows how those promoting their own agenda with deception effectiveness have found a way to make history run backward. They have found a way to reliably fool most people into acting against their own best interests, creating a sort of Age of Unreason, whose ultimate end is rapidly becoming mass ecocide … But history could move forward again if we could push on the related high leverage point of general ability to detect manipulative deception (not shown). ”
670. Paul R. Ehrlich and John P. Holdren (1971) – **Impact of Population Growth** – Science 171:1212-1217 doi:10.1126/science.171.3977.1212 –

Stanford University; Radiation Laboratory, University of California – http://faculty.washington.edu/stevehar/Ehrlich.pdf – authors
"In connection with the five theorems elaborated here, we have dealt at length with the notion that population growth in industrial nations such as the United States is a minor factor, safely ignored … The desperate and repressive measures for population control which might be contemplated [20 years hence] are reason in themselves to prceed with foresight, alacrity, and compassion today."

671. James G. Speth (1992) – **The transition to a sustainable society** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 889:870–872 doi:10.1073/pnas.89.3.870 – World Resources Institute – http://www.pnas.org/content/89/3/870.full.pdf
"Transitions in dealing with the root causes of environmental problems are advocated to achieve environmental sustainability. These transformations include (0) a demographic transition, (ii) a technology transition that includes the green automobile, (iii) an economic transition to one in which prices reflect full environmental costs, (iv) a transition in social equity, and (v) an institutional transition to different arrangements among governments, businesses, and peoples."

672. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
"But it's more accurate to see it as a root cause of improper coupling. If the goals of the corporate life form and humans were not mutually exclusive, then the economic system (which corporations dominate) would be properly coupled to the human system and hence the environment. The related high leverage point is the rules of the game for the dominant agent in the system. "

673. Samuel Alexander (2014) – **A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost** – Melbourne Sustainability Institute Working Paper – Post Carbon Pathways project – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/PostCarbonPathways_WP1_Alexander_Critique-of-Techno-Optimism_2014.pdf
"The central problem is that in a growth-orientated economy, efficiency gains are almost always reinvested into increasing production and consumption, not reducing them. These rebound effects have meant that the overall impact of economies tends to increase, even though technology has produced many efficiency gains in production."

674. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
"As radical as the above may seem, it pales in comparison to what it took to solve the age-old problem of the arbitrary and often horrific rule of dictators, kings, warlords, despots and other oppressive rulers. The solution was inconceivable long ago but is intuitively obvious today: the addition of the voter feedback loop. This could also be called the ruler benevolence feedback loop. Is the system missing the corporate benevolence feedback loop? "

675. Christian Felber (2012) – La economía del bien común: Un modelo económico que supera la dicotomía entre capitalismo y comunismo – Deusto – ISBN-13: 978-8423412808
676. Jack Harich (2010) – **Change resistance as the crux of the environmental sustainability problem** – System Dynamics Review 26:35–72 doi:10.1002/sdr.431 – Systems engineer, Thwink.org – http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sdr.431/pdf
"We've not found a measurement of general political deception to prove this assertion, but observe system behavior: Think back to any important political decision, whether it was who to elect, what position to support, which party to support, or even what long-term values people should adopt."
677. Ben Stein – **In Class Warfare, Guess Which Class Is Winning** – The New York Times, 26/11/2006 – http://www.nytimes.com/2006/11/26/business/yourmoney/26every.html
"Even though I agreed with him, I warned that whenever someone tried to raise the issue, he or she was accused of fomenting class warfare. 'There's class warfare, all right,' Mr. Buffett said, "but it's my class, the rich class, that's making war, and we're winning."
678. Clive Hamilton (2013) – **Earthmasters: The Dawn of the Age of Climate Engineering** – Yale University Press – Professor of Public Ethics, Charles Sturt University – ISBN-13: 978-0300186673 – 264 Págs.
"If forms of denial structure the interpretation of a problem, they will also frame thinking about the solution to it." (p. 85)
679. James J. Rooney and Lee N. Vanden Heuvel (2004) – **Root Cause Analysis for Beginners** – Quality Progress, 01/07/2004 – http://asq.org/quality-progress/2004/07/quality-tools/root-cause-analysis-for-beginners.html
"Root cause analysis (RCA) is a tool to help identify what, how, and why an event occurred so that steps can be taken to prevent future occurrences. Additionally, RCA may be used to target opportunities for systemwide improvement."
680. Simon Kuznets (1934) – **National Income, 1929–1932** – 73rd US Congress, 2nd session, Senate document no. 124 – Chief of Staff, National Bureau of Economic Research
"The welfare of a nation [can] scarcely be inferred from a measure of national income."
681. Sharon Beder (1995) – **SLAPPs – Strategic Lawsuits Against Public Participation: Coming to a Controversy Near You** – Current Affairs Bulletin 72:22-29 – http://herinst.org/sbeder/SLAPPs/SLAPPS.html
"Of course lawsuits are not the only way to dissuade healthy debate on issues of importance.[ref] Litigation is however increasingly utilised to intimidate people who cannot be influenced through pressure from employers or professional associations."
682. Sharon Beder (1997, 2002) – **Global Spin: The Corporate Assault on Environmentalism** – Green Books – Professional engineer, School of Social Sciences, Media and Communication,University of Wollongong – ISBN 0-908011-44-X – 320 Págs. – http://www.prwatch.org/prwissues/1998Q3/beder.html
"Frank Mankievwicz, Hill & Knowlton senior executive: 'I think the companies will have to give in only at insignificant levels. Because the companies are too

strong, they're the establishment. The environmentalists are going to have to be like the mob in the square in Romania before they prevail."

683. Sharon Beder (2006) – **Free Market Missionaries: The Corporate Manipulation of Community Values** – Earthscan – School of Social Sciences, Media and Communication, University of Wollongong – ISBN: 9781844073344 – 272 Págs.

684. Sharon Beder (2006) – **Suiting Themselves: How Corporations Drive the Global Agenda** – Routledge – School of Social Sciences, Media and Communication,University of Wollongong – ISBN-13: 978-1616146641 – 272 Págs.

685. David Miller and William Dinan (2008) – **A Century of Spin. How Public Relations Became the Cutting Edge of Corporate Power** – Pluto Books London – Department of Geography and Sociology, University of Strathclyde – ISBN: 978-0-7453-2689-4 – 232 Págs.
"The Economic League … Propaganda: Crusade for Capitalism … Speakers were selected not only because of their aptitude for discussing economic problems in simple terms but also for their ability to make themselves heard and deal with violent opposition. They were big men in every sense of the word… There can be little doubt that this was not a campaign based on arguments and ideas alone."

686. Stuard Ewen (1996) – **PR! A Social History of Spin** – Basic Books – ISBN: 0-465-06268-0 – 480 Págs.
"Nayirah was, in fact, Nayirah al-Sabah, daughter of the Kuwaiti ambassador to the United States … Beyond the dubiousness of her tale, it also turned out that the Meeting of the Congressional Human Rights Caucus itself had been the brainchild of Gary Hymel, a vice-president of Hill and Knowlton, one of the largest public relations firms in the world… Hymel and Hill & Knowlton were on the payroll of the Kuwaiti royal family."

687. Nick Davies (2008) – **Flat Earth News** – Random House – ISBN-13: 978-0701181451 – 408 Págs. – http://www.flatearthnews.net
"Everyone should read the truth behind some of the most controversial and distorted stories of the last decade."

688. Ignacio Muro Benayas – **La quiebra del "pensamiento único" (y el papel de los medios en la crisis)** - El Huffington Post, 19/10/2012 – Economistas frente a la crisis – http://www.huffingtonpost.es/ignacio-muro-benayas/la-quiebra-del-pensamient_b_1964724.html
"El acrónimo PIGS es relanzado en 2008 por Newsweek, Wall Street Journal y Financial Times, precisamente cuando se pretende sacar de foco, como causa de la crisis, a los productos tóxicos emitidos desde EE UU y comercializados por los bancos de Alemania, Holanda e Inglaterra, en donde permanecen en sus balances. El uso del acrónimo se multiplica por tres entre 2008 y 2010 y desborda la red … en un juego de profecías autocumplidas."

689. Edward L. Bernays (1926, 1955) – **Propaganda** – Horace LiveRight New York
"Those who manipulate this unseen mechanism of society constitute an invisible government which is the true ruling power of our country. In almost every act of our daily lives, whether in the sphere of politics or business, in our social conduct or our ethical thinking, we are dominated by the relatively small number of persons … who pull the wires which control the public mind."

690. Adolf Hitler (1926) – **Mein Kampf** – Jaico Publishing House – ISBN-13: 978-8172241643 – 524 Págs.
"In the big lie there is always a certain force of credibility… It would never come into their heads to fabricate colossal untruths, and they would not believe that others could have the impudence to distort the truth so infamously. Even though the facts which prove this to be so may be brought clearly to their minds, they will still doubt and waver and will continue to think that there may be some other explanation."

691. Londa Schiebinger and Robert Proctor (2005) – **Agnotology: The Making and Unmaking of Ignorance** – Stanford University Press
"Why don't we know what we don't know? The none too-complex answer in many instances was 'because steps have been taken to keep you in the dark!' We rule you, if we can fool you." (p. 11)

692. Naomi Oreskes and Erik M. Conway (2010) – **Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming** – Bloomsbury New York – Professor of History Science Studies Program University of California; National Aeronautics and Space Administration – http://climatecontroversies.ulb.ac.be/wp-content/uploads/slides/oreskes.pdf
"Hayek was wrong about the road to serfdom – Predicted that if Labour came to power in U.K. and instituted social democracy, it would lead to fascism. – On the contrary, virtually every major western European country after World War II instituted some form of social democracy, and none of them became fascistic."

693. John Stauber and Sheldon Rampton (1995) – **Toxic Sludge Is Good For You. Lies, Damn Lies and the Public Relations Industry** – Common Courage Press – ISBN 1-56751-060-4 – 236 Págs.
"The public relations industry… carefully cultivates activists who can be coopted into working against the goals of their movement. This strategy has been outlined in detail by Ronald Duchin, senior vice-president of PR spy firm Mongoven, Biscoe and Duchin [MBD]. … In a 1991 speech to the National Cattlemen's Association, he described how MBD works to divide and conquer activist movements."

694. John Jos. Miller (2005) – **A Gift of Freedom: How the John M. Olin Foundation Changed America** – Encounter Books – Writer for 'National Review' and contributing editor of 'Philanthropy' – ISBN-13: 978-1594031175 – 200 Págs.
"The foundation spent hundreds of millions of dollars fostering what its longtime president William E. Simon called the "counterintelligentsia" to offset liberal dominance of university faculties and the mainstream media and to make conservatism a significant cultural force."

695. David Edwards (1997) – **Global Spin** – The Ecologist 27:251-252 – Author of Free to be Human – http://www.herinst.org/sbeder/reviews/ecologist2.html
"The stubborn few who refuse to 'sit down and take it like a consumer' can be hit with "Strategic Lawsuits against Public Participation", or SLAPPS. The aim of SLAPPing protesters is to sue them for defamation, injury, conspiracy, etc., not in order to win the case, but so as to bring victims to the point where they "are no longer able to find the financial, emotional, or mental wherewithal to sustain their defence," or, indeed, their protest. If all else fails, environmentalists can be brought on board. Stauber and Rampton, who edit PR Watch, note that

hiring dissenters is a "crude but effective way to derail potentially meddlesome activists."

696. David Miller and William Dinan (2008) – **A Century of Spin. How Public Relations Became the Cutting Edge of Corporate Power** – Pluto Books London – ISBN: 978-0-7453-2689-4 – 232 Págs.
"Colonel Hugh Pollard, as he later became, turned up again in right wing 'diehard' circles in 1936 when he flew from Croydon airport on a Dragon Rapide light aircraft to the Canary Islands. He and his collaborators were on a mission in which they picked up General Francisco Franco in the Canary Islands, and flew him to Spain to launch his murderous coup against the republican government. Accompanying him was Toby O'Brien, a leading lobbyist and Conservative Party spin doctor in the post-1945 period."

697. Edward L. Bernays (1947) – **The Engineering of Consent** – The Annals of the American Academy of Political and Social Science 250:113-120 – https://wiki.zirve.edu.tr/sandbox/groups/economicsandadministrativesciences/wiki/5aab6/attachments/f2765/Engineering_of_Consent_-_Edaward_Barnays.pdf
"Knowledge of how to use this enormous amplifying system becomes a matter of primary concern to those who are interested in socially constructive action. There are two main divisions of this communications system which maintain social cohesion … The engineering of consent is the very essence of the democratic process, the freedom to persuade and suggest."

698. Noam Chomsky – **Can civilization survive capitalism?** – Nation of Change, 08/03/2013 – http://www.nationofchange.org/can-civilization-survive-capitalism-1362758281
"The truncated democracy that Dewey condemned has been left in tatters in recent years. Now control of government is narrowly concentrated at the peak of the income scale, while the large majority "down below" has been virtually disenfranchised. The current political-economic system is a form of plutocracy, diverging sharply from democracy, if by that concept we mean political arrangements in which policy is significantly influenced by the public will."

699. Philip Mirowski and Dieter Plehwe (Eds.) (2009) – **The Road from Mont Pelerin: The Making of the Neoliberal Thought Collective** – Harvard University Press – University of Notre Dame – ISBN-13: 978-0674033184 – 480 Págs.
"Much like welfare state capitalism during the postwar era of Fordism, hegemonic neoliberalism needs to be thought as a plural in terms of both political philosophy and political practice."

700. Lance Bennett and Robert M. Entman (2000) – **Mediated Politics: Communication in the Future of Democracy** - Cambridge University Press – Professor of Political Science + Ruddick C. Lawrence Professor of Communication, University of Washington; M.C. Shapiro Professor of Media and Public Affairs + Professor of International Affairs at The George Washington University – ISBN-13: 978-0521783569 – 520 Págs.
"[T]he history of politics and public opinion in this century can be written in terms of the uses of often deceptive public relations techniques to 'engineer consent' among the governed." (p. 282)

701. Antonio García-Olivares (2014) – **Energía renovable, fin del crecimiento y post-capitalismo** – The Oil Crash, 17/03/2014 – http://crashoil.blogspot.com.es/2014/03/mas-alla-del-capitalismo.html
"La tendencia de la tasa de beneficio a caer (TPRF) fue anunciada por Marx

como una consecuencia inevitable a largo plazo del funcionamiento normal del capitalismo, y su validez general parece discutible. Sin embargo, para el caso particular de un PIB que no crece, el teorema parece satisfacerse, y ello puede tener consecuencias muy graves para el capitalismo."

702. Graham Turner and Cathy Alexander – **Limits to Growth was right. New research shows we're nearing collapse** – The Guardian, 02/09/2014 – http://www.theguardian.com/commentisfree/2014/sep/02/limits-to-growth-was-right-new-research-shows-were-nearing-collapse
"It may be too late to convince the world's politicians and wealthy elites to chart a different course. So to the rest of us, maybe it's time to think about how we protect ourselves as we head into an uncertain future."

703. Naomi Klein (2014) – **This Changes Everything: Capitalism vs. The Climate** – Penguin Random House – – ISBN 978-0-307-40199-1 – 566 Págs. – https://pdf.yt/d/Skb-ch_k7psDm90Q
"Only social mass movements can save us now." (p. 450)

704. Emilio Cerdá (2007) – Donella Meadows, Jorgen Randers y Dennis Meadows**: Los límites del crecimiento 30 años despué**s – Fundación Sistema, 01/09/2007 – Universidad Complutense de Madrid – http://www.fundacionsistema.com/media/PDF/PPios9_Meadows.pdf
"Partiendo directamente del análisis estructural del sistema mundial realizado, los autores señalan que para acercar nuestro mundo hacia un sistema sostenible hay que avanzar en las siguientes direcciones: … Reclama, simple pero profundamente, una visión más amplia y satisfactoria de la finalidad de la existencia humana que la mera expansión y acumulación material» (págs. 407 a 409)."

705. Marcin Popkiewicz – **Free computer game – World at the Crossroads** – Skeptical Science, 11/11/2013 – http://www.skepticalscience.com/World-At-The-Crossroads.html -
"The game simulates the rise of the industrial civilization, from 1900 to 2200. You can look at it as a model of The Limits to Growth … converted into a strategy game. The game helps understand systems dynamics and complex interactions between Earth and human civilization."

706. **World at the Crossroads – manual** – ASPO Polska, 11/11/2014 – http://ziemianarozdrozu.pl/apps/WorldAtCrossroads/WorldAtCrossroads-QuickIntroduction.pdf
"The game 'World at the Crossroads' simulates the rise of the industrial civilization, from 1900 to 2200. It can be perceived as a model of The Limits to Growth, commissioned by the Club of Rome in 1972, converted into a strategy game that helps understand systems dynamics and complex interactions between Earth and human civilization. "

707. Blake Alcott (2012) – **Population matters in ecological economics** – Ecological Economics 80:109–120 doi:10.1016/0921-8009(92)90035-Q – 33 Albert Street, Cambridge
"The concept of cultural carrying capacity would aid societies in determining their optimal population when account is taken not only of subsistence, but of quality of life. A population-control toolkit for both rich and poor societies is sketched, and some controversial, 'coercive' policy possibilities analysed."

708. Samuel Alexander (2014) – **A Critique of Techno-Optimism: Efficiency without Sufficiency is Lost** – Melbourne Sustainability Institute Working Paper – Post Carbon Pathways project –

http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/PostCarbonPathways_WP1_Alexander_Critique-of-Techno-Optimism_2014.pdf
"As it turned out, the IPAT equation ended up marginalising population and consumption as sites of environmental action, and privileging technological fixes (see Huesemann and Huesemann, 2011)."

709. Blake Alcott (2010) – **Impact caps: why population, affluence and technology strategies should be abandoned** – Journal of Cleaner Production 18:552–560 doi:10.1016/j.jclepro.2009.08.001 – School of Earth and Environment, University of Leeds – authors
"This has two consequences: 1) Since I = PAT does not express these interdependencies on the right side, it is more accurately written I = f(P,A,T); and 2) Success in lowering any of the right-side factors does not necessarily lower Impact."

710. Joan David Tàbara et al (2012) – **Transformative targets in sustainability policy-making: The case of the 30% EU mitigation goal** – Journal of Environmental Planning and Management 1-12 doi:10.1080/09640568.2012.716365 – Global Climate Forum + and Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona – 6 authors
"Thus, the 'economy' can simply be understood as a set of a particular type of interactions involving a set of agents in the broader context of a global system – thus following open and often unpredictable dynamics and prone to unexpected behaviours. This is opposed to the view of the economy as a closed system, which necessarily tends towards only single equilibrium. "

711. David Tàbara and Dough Miller (2011) – **Reframing public opinion on climate change** – En: Carlo C. Jaeger et al (Eds.) (2011) – Reframing the problem of climate change – Earthscan – Institute of Environmental Science and Technology, Autonomous University of Barcelona

712. David Tàbara and Ilan Chabay (2012) – **Coupling Human Information and Knowledge Systems with social-ecological systems change: reframing research, education, and policy for sustainability** – Environmental Science and Policy doi:10.1016/j.envsci.2012.11.005 – Institute of Environmental Science and Technology of the Autonomous University of Barcelona (UAB) + Global Climate Forum; Institute of Advanced Sustainability Studies, Potsdam + Helmholtz Alliance at the University of Stuttgart
"To a great extent, the most pressing difficulties that science now confronts when trying to provide valid knowledge to cope with global problems of unsustain-ability are not purely 'scientific', or at least not in the traditional sense. They relate to a number of assumptions, beliefs and values that scientists use to construct their models and theories and generate their results (which often produce analyses relevant only to their own disciplines)."

713. Óscar Carpintero (2005) – **El metabolismo de la economía española. Recursos naturales y huella ecológica (1955-2000)** – Fundación César Manrique – https://es.scribd.com/doc/51906647/Carpintero-metabolismo-Espana
"José Manuel Naredo: El presente libro de Óscar Carpintero da un paso de gigante en la clarificación de los problemas ecológico-ambientales que plantea la economía española."

714. Manuel Casal Lodeiro – **Nosotros, los detritívoros** – Detritívoros, 30/06/2014 – https://radi.ms/es/nosotros-los-detritivoros/?format=pdf

"Si tenemos que empezar esa liberación por algún punto debería ser por la base de todo este colosal error de nuestra especie: si queremos tener alguna oportunidad de evitar el destino de los detritívoros, no queda otra que dejar con la máxima urgencia de comer petróleo."

715. Jean Gadrey, Florent Marcellesi y Borja Barragué (2013) – **Adiós al crecimiento. Vivir bien en un mundo solidario y sostenible** – El Viejo Topo – ISBN-13: 978-8415216452 – 226 Págs

716. Alexander Laszlo and Stanley Krippner (1998) – **Systems Theories: Their Origins, Foundations, and Development** - En: J.S. Jordan (Ed.), Systems Theories and A Priori Aspects of Perception. Amsterdam: Elsevier Science, 1998. Cap 3:47-74 – http://archive.syntonyquest.org/elcTree/resourcesPDFs/SystemsTheory.pdf
"The specialized approach has created an orientation toward decision making that is currently in vogue in many parts of the world. It is based on individualism, competition, training for a specific profession, and indoctrination into a specific culture. On the other hand, the general systems approach encourages the development of a global, more unitary consciousness, team work, collaboration, learning for life, and exposure to the universal storehouse of accumulated knowledge and wisdom."

717. Noam Miller et al (2013) – **Both information and social cohesion determine collective decisions in animal groups** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS doi:10.1073/pnas.1217513110 – Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University – 4 autores
"The mechanism of collective intelligence demonstrated here does not require individuals to be aware of the diversity of information in the group … the collective intelligence exhibited by groups emerges naturally from diversity of information and from the simple interaction rules used by individuals."

718. Thomas W. Malone and Mark Klein (2007) – **Harnessing Collective Intelligence to Address Global Climate Change** – Innovations 2:15-26 doi:10.1162/itgg.2007.2.3.15 – MIT Center for Collective Intelligence; Principal Research Scientist at the MIT Center for Center for Collective Intelligence
"If we could build it, our societal conversation about global warming could go beyond the realm of the all-too-often emotionally-driven yes/no votes about small numbers of simplified alternatives. It could, instead, facilitate reasoned and evidence-based collective decision-making about highly complex issues."

719. Robert J. Lempert (2002) – **A new decision sciences for complex systems** – Proceedings of the National Academy of Sciences PNAS 99:7309-7313 doi:10.1073/pnas.082081699 – RAND Corporation
"This article describes Computer-Assisted Reasoning, an approach to decision-making under conditions of deep uncertainty that is ideally suited to applying complex systems to policy analysis. The article demonstrates the approach on the policy problem of global climate change, with a particular focus on the role of technology policies in a robust, adaptive strategy for greenhouse gas abatement."

720. Thomas W. Malone – **Centro de Inteligencia Colectiva del Massachusetts Institute of Technology** – Visitado 16/12/2014 – Patrick McGovern Professor of Management, MIT Sloan School of Management – http://mitsloan.mit.edu/faculty/research/intelligence.php
"Our basic research question is: How can people and computers be connected so

that – collectively – they act more intelligently than any individuals, groups, or computers have ever done before?”

721. Xiaogang Ma et al (2014) – **Capturing provenance of global change information** – Nature Climate Change 4:409-413 doi:10.1038/nclimate2141 – Tetherless World Constellation, Rensselaer Polytechnic Institute – 5 autores
“Global change information demands access to data sources and well-documented provenance to provide the evidence needed to build confidence in scientific conclusions and decision making. A new generation of web technology, the Semantic Web, provides tools for that purpose.”

722. **Ervin László** – Wikipedia, 18/03/2012 – http://en.wikipedia.org/wiki/Ervin_László
“This would be by the linking of non-government organizations promoting sustainable development, using the Internet.[ref] A Macroshift is defined as a popular movement to turn the tide from a global breakdown to a global breakthrough. László sees the years 2012-2020 as a critical period to change course as the coming crisis is taking shape in geopolitical current. ”

723. Giorgos Kallis (2011) – **Decreixement sostenible i (re) radicalització de l’ambientalisme** – Nous Horitzons 202:34-42 – Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals
“En una economia estacionària, sense creixement o amb decreixement, en suma, moltes coses funcionarien de maneres molt diferents que difícilment som avui capaços d’imaginar. Cal tenir l’esperit molt obert per copsar les tendències possibles, els possibles canvis de mentalitat i de valors, i educar-nos en una adaptabilitat que ens permeti evitar els traumes i conflictes que inevitablement es produiran.”

724. Donnella Meadows, Jørgen Randers, Dennis Meadows (2004) – **Los Límites del crecimiento: 30 años después** – Galaxia Gutenberg – Massachusetts Institute of Technology
“¿Cuáles son estos instrumentos … [acientíficos]? Son éstos: visión, coordinación, verdad, aprendizaje y amor.” (p. 421)

725. Pascual Serrano Jiménez (2013) – **Desinformación: Cómo los medios ocultan el mundo** – Booket – Periodista especializado en política internacional y análisis de los medios de comunicación. Fundador de Rebelión en 1996 – ISBN-13: 978-8499422527 – 720 Págs.

726. Pascual Serrano Jiménez (2012) – **Traficantes de información** – Foca, Ediciones y Distribuciones Generales S.L. – Periodista especializado en política internacional y análisis de los medios de comunicación. Fundador de Rebelión en 1996

727. Pascual Serrano Jiménez (2013) – **La comunicación jibarizada** – Atalaya, Ediciones Península – Periodista especializado en política internacional y análisis de los medios de comunicación. Fundador de Rebelión en 1996

728. Pascual Serrano Jiménez (2013) – **Periodismo canalla: Los medios contra la información** – Icaria editorial – Periodista especializado en política internacional y análisis de los medios de comunicación. Fundador de Rebelión en 1996

729. David Edwards and David Cromwell, Media Lens (2006) **- Guardians of Power. The Myth of the Liberal Media** – Pluto Press – Median Lens – ISBN: 978-0-7453-2482-1 – 241 Págs. – http://www.scribd.com/doc/16154364/Guardians-of-Power-The-Myth-of-Liberal-Media

"Adverts promoting endlessly rising mass consumption on which all the quality press depend for 75% of their revenue. 'Doing something' should mean taking on exactly these corporate interests; exactly these materialist versions of life, liberty and happiness. 'Doing something', in fact, means taking on corporate interests like the Guardian newspaper."

730. David Cromwell (2012) – **Why Are We the Good Guys? Reclaiming Your Mind from the Delusions of Propaganda** - Zero Books – ISBN-13: 978-1780993652 – 329 Págs.
"Here are eight key issues that are not being discussed at length by 'mainstream' politicians, academia and the media: …"

731. Eric D. Schneider y Oriol Sagan (2005) – **La Termodinámica de la Vida** – Tusquets Editores – National Oceanic and Atmospheric Adminsitration – ISBN-13: 978-84-8383-052-9 – 438 Págs.
"La eternidad se retiró precipitadamente a la imaginación matemática de la que había salido. Adiós al cosmos que funcionaba como un reloj. Progresivo y regresivo, el mundo estaba ahora dividido por una autopista de tiempo. Le tocaría a una nueva termodinámica, la del no equilibrio, tomar un helicóptero para contemplar los dos sentidos del tráfico y presentar la evolución y la termodinámica como elementos de una misma corriente."

732. Ima Sanchís - **Ervin László, doctor en Filosofía de la Ciencia con cuatro doctorados honoris causa: 'Todo está conectado y nada desaparece'** – La Vanguardia, 16/08/2012 – http://www.lavanguardia.com/lacontra/20120816/54337907307/la-contra-ervin-laszlo.html
"Los líderes no estaban dispuestos a hacer nada. Nosotros, científicos de distintas áreas, defendíamos otro tipo de crecimiento, que hoy llaman sostenible, y teníamos claro que necesitábamos líderes de opinión para difundirlo. Entre los primeros miembros estaban el Dalái Lama, Milos Forman, Mijaíl Gorbachov, Yehudi Menuhin, Rostropóvich, Arthur Clarke, Desmond Tutu… Ahora ya somos sesenta."

733. Roger Penrose (1989) – **La mente nueva del emperador: En torno a la cibernética, la mente y las leyes de la física** – Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica, México – Oxford University – ISBN 0-19-851973-7 – 572 Págs. – http://www.exactas.org/modules/UpDownload/store_folder/Otra_Literatura/Roger.Penrose.-.La.Mente.Nueva.Del.Emperador.pdf

734. Ima Sanchís – **José Luis San Miguel de Pablos, geólogo y doctor en filosofía: 'La consciencia es una propiedad del universo'** – La Vanguardia, 04/11/2014
"Según esta hipótesis de James Lovelock y que secundó la prestigiosa bióloga Lynn Margulis, la tierra es una realidad viva y autoorganizada. La gran cuestión es si ahí puede haber una consciencia global… El materialismo ha machacado a los animales y ha degradado profundamente a los humanos. Y ha ninguneado la consciencia… desde hace más de dos siglos. Hoy tenemos la tecnociencia que es poder, pero también es pérdida de sabiduría."

735. Gail Tverberg - **Oil and the Economy: Where are We Headed in 2015-16?** – Our Finite World, 06/01/2015 – http://ourfiniteworld.com/2015/01/06/oil-and-the-economy-where-are-we-headed-in-2015-16/
"We don't have much time to fix our problems. In the timeframe we are looking at, the only other solution would seem to be a religious one. I don't know

exactly what it would be; I am not a believer in The Rapture. There is great order underlying our current system. If the universe was formed in a big bang, there was no doubt a plan behind it … We truly live in interesting times!"

736. Donella Meadows (1992) – **There Are Limits to Growth, but No Limits to Love** – Sustainability Institute, 30/04/1992 – http://www.sustainer.org/dhm_archive/index.php?display_article=vn433btllovee d
"Speak the truth … Operate from love."

737. Ted Trainer (2002) – **If you want affluence, prepare for war** – Democracy and Nature 8 – Social Work, University of NSW, Kensington – http://socialsciences.arts.unsw.edu.au/tsw/D62IfYouWantAffluence.html
"Is that the prospects for transition depend primarily on whether or not this minority can develop rapidly in the next few decades, and that by far the most valuable global contribution one can make is to work within this movement."

738. Benjamin Warr and Robert U. Ayres (2011) – **Useful work and information as drivers of economic growth** – Ecological Economics 73:93–102 doi:10.1016/j.ecolecon.2011.09.006 – European School of Business Administration, INSEAD; International Institute for Applied Systems Analysis
"The revised production function has only three independent parameters. The new model also has implications for future economic growth, energy and environmental policy that differ significantly from the traditional growth theory. These implications are discussed briefly."

739. Robert U. Ayres and Benjamin Warr (2009) – **The Economic Growth Engine: How Energy and Work Drive Material Prosperity** – Edward Elgar Publishing – IIASA Laxenburg + INSEAD Fontainebleau; Center for the Management of Environmental Resources (CMER), INSEAD – ISBN-13: 978-1848441828 – 448 Págs.

740. Antonio García-Olivares and Joaquim Ballabrera-Poy (2014) – **Energy and mineral peaks, and a future steady state economy** – Technological Forecasting & Social Change doi:10.1016/j.techfore.2014.02.013 – Institut de Ciències del Mar, CSIC
"A problem with these two new production functions is that their labor (and in the second case, also capital) productivities do not satisfy the asymptotic conditions imposed by Kümmel [refs]. This makes the long-term evolution of factor productivities (FPs) to lack of interpretation. A way to avoid that is to introduce the ratio, i, between information capital stock and the total capital stock, in the following way:… "

741. Jade Lindgaard **- Joan Martinez Alier: «La croissance verte est une utopie»** – Media Part, 11/10/2014 – http://www.ecosociosystemes.fr/utopie2.pdf
"La croissance verte est-elle une idée nocive à vos yeux ? Du point de vue de l'éducation de la population, oui. La part verte, c'est bien, mais la part croissance, ça ne va pas. Il est vrai qu'il y a du chômage mais pour en sortir, il faut créer un nouveau système. Penser qu'on va retrouver la croissance sans externalités négatives, sans changement climatique et sans conflits avec les autres personnes et les autres espèces, ce n'est pas réaliste."

742. Martin Wolf – **Why the world faces climate chaos** – Financial Times, 14/05/2013 – http://www.ft.com/intl/cms/s/0/c926f6e8-bbf9-11e2-a4b4-00144feab7de.html
"The first and deepest reason is that, as the civilisation of ancient Rome was built on slaves, ours is built on fossil fuels. What happened in the beginning of

the 19th century was not an "industrial revolution" but an "energy revolution". Putting carbon into the atmosphere is what we do."

743. Martin Wolf (2012) – **Living with limits: growth, resources, and climate change** – Climate Policy 12:772-783 doi:10.1080/14693062.2012.695464 – Financial Times
"However, if there are limits to growth, the political underpinnings of our world might fall apart. Intense distributional conflicts would re-emerge. Furthermore, we have no agreement on how to tackle them, above all when they cross borders."

744. Ugo Bardi (2011) – **The Limits to Growth Revisited** – Springer – Dipartimento di Chimica, Università di Firenze; ASPO – Association for the Study of Peak Oil and Gas, Italian section – ISBN 978-1-4419-9416-5 – 119 Págs.
"Where the two models diverge is, roughly, with the first decades of the twenty-first century. The Solow-Stiglitz model states that the economy will keep growing forever; the LTG model, instead, indicates that at some point it will reach a maximum and then start declining."

745. Johan Rockström et al (2009) – **Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity** – Ecology and Society 14:32-64 – http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/ – Stockholm Resilience Centre, Stockholm University, Stockholm Environment Institute, Australian National University – 29 autores

746. Andrew Simms and David Woodward (2006) – **Growth Isn't Working: The Uneven Distribution of Benefits and Costs from Economic Growth** – New Economics Foundation – http://www.vilaweb.cat/noticia/4195627/20140604/alfons-duran-pich-treballo-bancs-soc-inversor-men-refio.html
"The report says that the notion that global economic growth is the only way of reducing poverty for the world's poorest people is the self-serving rhetoric of those who already enjoy the greatest share of world income. It's authors argue that to achieve real progress we need to change in the way we think about and discuss economic issues, and break out of the confines of mainstream economic thinking. We also need a shift in power relations, both globally and nationally, to move power from developed countries, elites and commercial interests to the majority of the world's population, the poor."

747. Gail E. Tverberg – **Where We Are Headed: Peak Oil and the Financial Crisis** – The Oil Drum, 25/03/2009 – http://www.theoildrum.com/node/5230
"Our One Way Economy: Our economy is designed to grow. Once it stops growing, everything comes "unglued": Debt can't be repaid; Huge numbers of businesses go bankrupt; Entire financial system looks 'shaky'."

748. Robert Lucas (1972) – **Expectations and the Neutrality of Money** – Journal of Economic Theory 4:103–124 doi:10.1016/0022-0531(72)90142-1 – Graduate School of Industrial Administration, Carnegie-Mellon University

749. Samuel Alexander (2014) – **The New Economics of Oil** – Melbourne Sustainability Issues paper No. 2, – Office for Environmental Programs, University of Melbourne + Simplicity Institute – http://www.sustainable.unimelb.edu.au/files/mssi/MSSI-Issues-Paper_AlexanderS_1.pdf
"Whether the next twist arrives in the form of a new war or financial crisis, a

new technology, a bursting shale bubble, or perhaps a radical cultural shift away from fossil fuels in response to climatic instability, intellectual integrity demands that analysts continue to revise viewpoints as further evidence continues to arrive. This issue is too important to be governed by ideology."

750. Tyler Volk (2009) – **Thermodynamics and civilization: from ancient rivers to fossil fuel energy servants** – Climatic Change doi:10.1007/s10584-009-9595-1 – Department of Biology, New York University -
"The annual release of carbon as metabolic CO2 by an average person who consumes 2,500 kcal of food per day is about 250 g of carbon per day, or about 90 kg-C per year. … Current per capita fossil-fuel CO2 emissions, globally, are 1.26 tC. Thus the average global per capita number of fossil fuel energy servants is 1.26/0.09 = 14. This is roughly like each having 14 human servants supply our daily needs. That is for every man, woman, and child on Earth."

751. Sarah (Steve) Mosko (2010) – **Americans, with 100 'energy servants' each, share blame for Gulf oil spill** – Culture Change, 18/06/2010 – http://www.culturechange.org/cms/content/view/656/66/
"That's why Professor of Physics Richard Wolfson of Middlebury College has been giving demonstrations for the last decade which impart a real gut-level, hands-on feel for the energy it takes to support the typical American lifestyle. "

752. William E. Rees (2002) – **Is Humanity Fatally Successful?** – Journal of Business Administration and Policy Analysis 30-31:67-100 – Former Director, School of Community and Regional Planning, University of British Columbia
"This is no minor cognitive lapse. Once we've separated ourselves mentally from "the other," then it doesn't much matter to us what happens to the other. But if the separation is only myth (and the empirical data show that the human enterprise is a fully embedded –subsystem of the ecosphere) then what happens to "the other" becomes absolutely critical to our own future survival."

753. Ted Trainer (2011) – **The Radical Implications of Zero Growth Economy** – Real-World Economics Review 57:71-82 – University of New South Wales – http://www.paecon.net/PAEReview/issue57/Trainer57.pdf
"The following points drive home the magnitude of the overshoot: …"

754. John Michael Greer (2012) – **Progress vs. Apocalypse: The Stories We Tell Ourselves** – En: The Energy Reader: Overdevelopment and the Delusion of Endless Growth, Tom Butler, Daniel Lerch, and George Wuerthner, eds. (Healdsburg, CA: Watershed Media, 2012) – Grand Archdruid of the Ancient Order of Druids in America – http://energy-reality.org/wp-content/uploads/2013/06/13_Progress_R1_041313.pdf
"It's not going too far, I think, to call belief in progress the established religion of the modern industrial world. In the same way that Christians have traditionally looked to heaven and Buddhists to nirvana, most people look to progress for their hope of salvation and their explanation for why the world is the way it is."

755. Ugo Bardi – **Peak oil is here: the view from Barbastro** – Resource Crisis, 12/10/2014 – http://cassandralegacy.blogspot.com.es/2014/10/peak-oil-is-here-view-from-barbastro.html
"Now we are going through the peak and looking at the other side. What we are seeing is not pretty; we can just hope that it won't be even worse than it seems to be."

756. Richard Eckersley (2008) – **Nihilism, Fundamentalism, or Activism: Three Responses to Fears of the Apocalypse** – The Futurist – World Future

Society – http://www.australia21.org.au/oldsite/pdf/RE%20Apocalypse.pd
“Widespread fears of an apocalyptic future elicit equally dangerous responses: nihilistic thoughts and decadent lifestyles that accelerate environmental destruction, or fundamentalist intolerance that exacerbates social-political conflict. The only safe approach to suspicions of the apocalypse is adaptation through activism.”